МАССОВАЯ РАДИО БИБЛИОТЕКА

К. Г. ШОР

БЛОКИ ПТК НА ТРАНЗИСТОРАХ

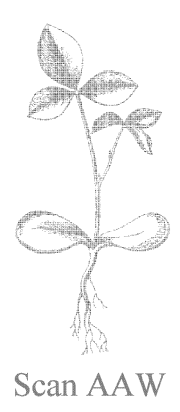


МАССОВАЯ РАДИОБИБЛИОТЕКА

Выпуск 671

К. Г. ШОР

БЛОКИ ПТК НА ТРАНЗИСТОРАХ





«ЭНЕРГИЯ»

МОСКВА 1968

6Ф3.3
Ш 78

УДК 621.397.69

Шор К. Г.

Ш 78 Блоки ПТК на транзисторах. М., «Энергия», 1968
48 с. с илл. (Массовая радиобиблиотека. Вып. 671).

В книге рассмотрены принципы работы блока переключателя телевизионных каналов метрового диапазона (ПТК МВ) и блока настройки дециметровых волн (ДЦВ), особенности работы транзисторов в схеме, основные параметры и характеристики используемых полупроводниковых приборов, а также даются советы по конструированию и настройке транзисторных блоков. Приводится ряд принципиальных схем блоков МВ и ДЦВ отечественного и зарубежного производства.

Книга предназначена для подготовленных радиолюбителей, а также инженеров и техников, занимающихся разработкой, эксплуатацией и ремонтом транзисторных телевизоров.

3-4-5
369-68

6Ф3.3

Предисловие

Одним из основных узлов телевизионного приемника является блок переключения телевизионных каналов (ПТК), используемый в диапазоне метровых волн (МВ), и аналогичный ему по назначению блок настройки диапазона дециметровых волн (ДЦВ).

В настоящее время в связи с разработкой новых типов транзисторов характеристики указанных блоков, выполненных на транзисторах, могут в ряде случаев превышать аналогичные характеристики ламповых блоков. Это в первую очередь относится к снижению коэффициента шума (особенно в диапазоне ДЦВ), т. е. к увеличению чувствительности, а также к повышению эксплуатационной надежности. Транзисторные блоки имеют значительно меньшие габариты и вес и потребляют в 50 раз меньше мощности, чем ламповые. Эти качества особенно ценны при использовании транзисторных блоков в переносных телевизорах.

Схемы блоков ПТК МВ и настройки ДЦВ могут использоваться как в черно-белых, так и в цветных телевизорах.

БЛОК ПТК МВ

Основные требования, предъявляемые к блоку ПТК, заключаются в получении хорошего согласования входной цепи с антенной, высокого и постоянного на различных каналах усиления сигнала, малого уровня шума, высокой избирательности, необходимой полосы пропускания, минимального излучения в антенну, стабильной работы (отсутствия самовозбуждения).

Отечественным стандартом для телевизионного вещания в диапазоне МВ отводятся частоты 48—100 и 170—230 *Мгц*, в этом диапазоне размещены 12 телевизионных каналов. Частоты каждого из этих каналов представлены в табл. 1. Схема ПТК должна обеспечивать прием всех каналов с примерно равным качеством.

Блок-схема ПТК (рис. 1) содержит три каскада — усилитель высокой частоты, гетеродин и смеситель. Применение этих каскадов в транзисторном ПТК подтверждено длительной практикой в ламповой технике и удовлетворяет основным требованиям, предъявляемым к блоку. В соответствии с числом каскадов в блоке используются три транзистора. Однако их число может изменяться от двух (в случае выполнения смесителя и гетеродина на одном транзи-

Таблица 1

Частоты телевизионных каналов, предусмотренные отечественным стандартом в диапазоне МВ

№ каналов	Несущая частота изображения, *Мгц*	Несущая частота звука, *Мгц*	Частота гетеродина, *Мгц*	Промежуточная частота изображения, *Мгц*	Промежуточная частота звука, *Мгц*
1	49,75	56,25	87,75	38,0	31,5
2	59,25	65,75	97,25	38,0	31,5
3	77,25	83,75	115,25	38,0	31,5
4	85,25	91,75	123,25	38,0	31,5
5	93,25	99,75	131,25	38,0	31,5
6	175,25	181,75	213,25	38,0	31,5
7	183,25	189,75	221,25	38,0	31,5
8	191,25	197,75	229,25	38,0	31,5
9	199,25	205,75	237,25	38,0	31,5
10	207,25	213,75	245,25	38,0	31,5
11	215,25	221,75	253,25	38,0	31,5
12	223,25	229,75	261,25	38,0	31,5

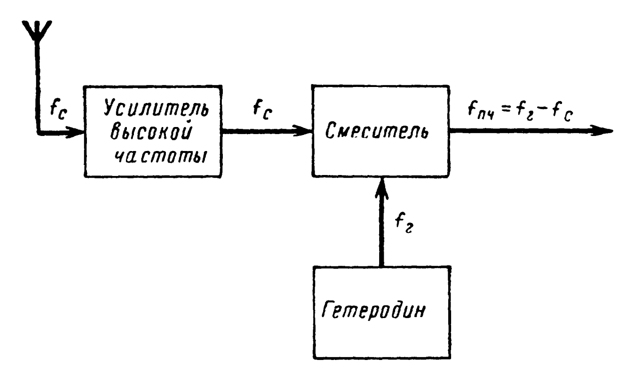


Рис. 1. Блок-схема ПТК.

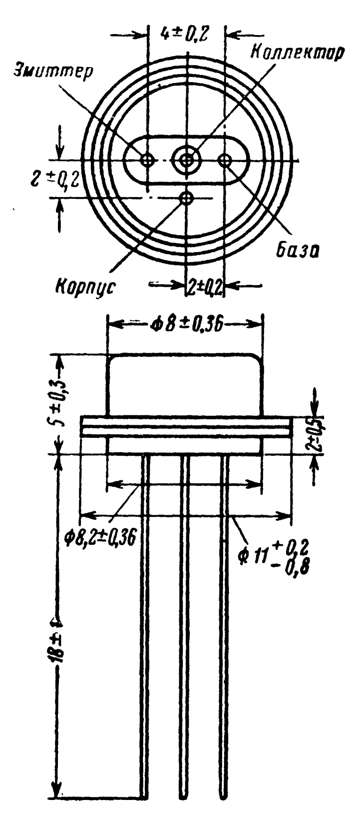


Рис. 2. Габаритный чертеж транзистора ГТ313.

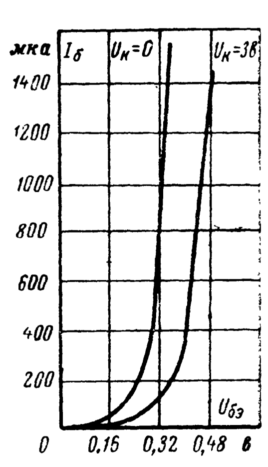


Рис. 3. Входные характеристики транзисторов ГТ313.

сторе) до четырех (при выполнении усилителя ВЧ в виде каскодной схемы). Недостатком первого типа ПТК является сложность регулировки каскадов, второго — наличие лишнего транзистора, приводящего к увеличению стоимости ПТК.

Во всех применяемых в настоящее время блоках ПТК МВ (как ламповых, так и транзисторных) используется фиксированная настройка на соответствующие каналы с помощью барабанного переключателя, снабженного съемными вставками с катушками индуктивности. Три настроенных резонансных контура включаются во входной цепи, в каскаде гетеродина и в схеме полосового фильтра, осуществляющего связь усилителя ВЧ со смесителем. Подобный метод фиксированной настройки является достаточно простым и надежным, однако при этом диапазон настройки на каждом канале остается небольшим. Использование плавной электронной настройки с помощью варикапов (полупроводниковых переменных конденсаторов), которая применяется в ПТК фирмы Grundig, позволяет исключить большое число механических контактов из высокочастотных цепей, повышает надежность работы и уменьшает габариты блока.

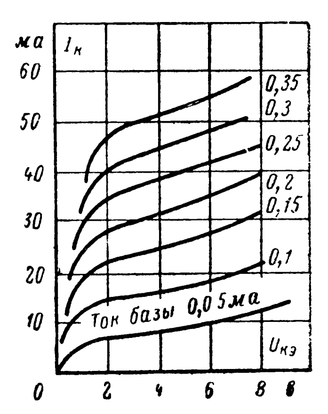


Рис. 4. Выходные характеристики транзисторов ГТ313.

Транзисторы, используемые в схеме ПТК, должны иметь достаточно высокую граничную частоту, превышающую верхний частотный предел работы блока (230 *Мгц*). При этом транзисторы, используемые в схеме усилителя ВЧ, должны обеспечивать высокий коэффициент усиления, низкий коэффициент шума, возможность регулировки коэффициента усиления для компенсации изменения входного сигнала и высокую устойчивость работы. Транзисторы, используемые в качестве гетеродина, должны обеспечить высокую стабильность частоты и амплитуды выходного сигнала при изменении напряжения питания и температуры. И, наконец, транзисторы, работающие в качестве смесителя, должны обеспечивать высокую крутизну преобразования и малый коэффициент шума.

Этим требованиям удовлетворяют маломощные высокочастотные германиевые меза-диффузионные транзисторы типа ГТ313, применяемые в настоящее время в отечественных блоках ПТК. Габаритный чертеж этих транзисторов показан на рис. 2. Основные характеристики транзисторов представлены на рис. 3 (входные характеристики при температуре окружающей среды 20±5° С в схеме с общим эмиттером), рис. 4 (выходные характеристики при тех же условиях) и рис. 5 (зависимость обратного тока коллектора $I_{к0}$ от температуры окружающей среды). Значения основных параметров транзисторов ГТ313 представлены в табл. 2 и 3; кроме того, в табл. 4 показаны усредненные значения *y*-параметров этих транзисторов для схем включения с общим эмиттером и общей базой.

Конструктивно схема ПТК выполнена в виде съемного экранированного блока. Хорошее экранирование на ВЧ обеспечивается в случае получения хорошего контакта металла во всех швах и со-

единениях экрана. Окраска экрана или его коррозия может привести к нарушению соединений. С целью снижения паразитных индуктивностей и емкостей при монтаже используются короткие выводы элементов и соединительные проводники.

Нормальная работа блока ПТК в значительной степени зависит от места его расположения в корпусе телевизора. Участок, отведенный для блока ПТК, должен быть наименее подвержен температурным изменениям.

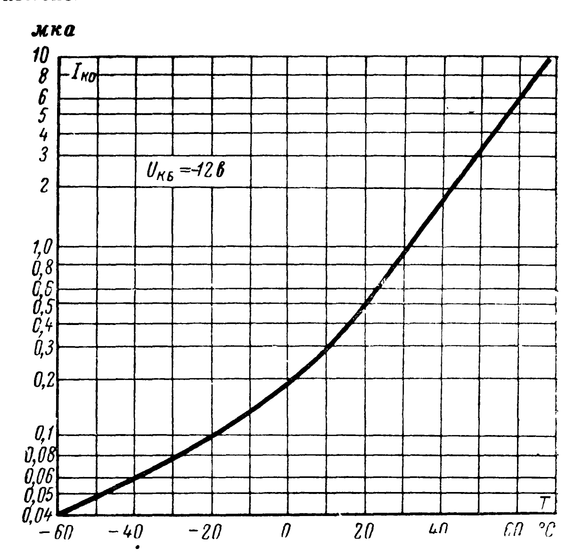


Рис. 5. Зависимость обратного тока коллектора $I_{к0}$ от температуры окружающей среды для транзисторов ГТ313.

Транзисторы, используемые в ПТК, обычно впаиваются в печатную плату, на которой собирается схема. Использование отдельных панелей хотя и облегчает смену транзисторов, но ведет к снижению надежности работы блока.

Общий коэффициент усиления блока равен произведению коэффициента передачи входной цепи, коэффициента усиления усилителя ВЧ и коэффициента преобразования смесителя. С ростом частоты уменьшается коэффициент усиления используемых транзисторов; это ведет к падению усиления блока на верхних телевизионных каналах (рис. 6).

Коэффициент шума блока определяется из соотношения

$$F = F_1 + \frac{F_2 - 1}{K_{P1}}, \qquad (1)$$

где F_1 — коэффициент шума первого каскада (усилитель ВЧ);
F_2 — коэффициент шума второго каскада (смеситель);
K_{P1} — коэффициент усиления по мощности усилителя ВЧ.

Таблица 2

Основные эксплуатационные параметры транзисторов ГТ313

Наименование параметров	Тип транзисторов	
	ГТ313А	ГТ313Б
Коэффициент передачи тока β_0 при $I_э=5$ *ма*, $U_к=-5$ *в*, $f=1\,000$ *гц*	20—250	20—250
Модуль коэффициента передачи тока $\lvert\beta\rvert$ при $I_э=5$ *ма*, $U_к=-5$ *в*, $f=10^8$ *гц*	3—10	4,5—10
Постоянная времени цепи обратной связи $r'_б \times C_к$, *псек*, при $I_э=5$ *ма*, $U_к=-5$ *в*, $f=5\cdot10^6$ *гц*, не более	75	40
Емкость коллектора $C_к$, *пф*, при $U_к=-5$ *в*, $f=10^7$ *гц*, не более	2,5	2,0
Коэффициент шума F, *дб*, при $I_э=5$ *ма*, $f=180$ *Мгц*, $R_и=75$ *ом*, не более (определяется расчетным путем)	—	7
Обратный ток коллектора $I_{ко}$, *мка*, при $U_к=-12$ *в*, не более	3	3
Обратный ток эмиттера $I_{эо}$, *мка* при $U_э=-0{,}25$ *в*, не более	10	10
Емкость эмиттера $C_э$, *пф*, при $U_э=-0{,}25$ *в*, $f=10^7$ *гц*, не более	14	14
Входное сопротивление h_{11}, *ом*, при $I_э=1$ *ма*, $U_к=-5$ *в*, $f=10^3$ *гц*, не более	30	30

Таблица 3

Предельные эксплуатационные параметры транзисторов ГТ313

Наименование параметров	Предельные значения
Максимально допустимая мощность рассеяния на коллекторе $P_{к.макс}$, *мвт*: при $t_{окр}=+25°$ С . .	100
при $t_{окр}=+55°$ С . .	50
Максимальный ток коллектора $I_{к.макс}$, *ма*	10
Максимальное напряжение коллектор — база при оторванном эмиттере $U_{кб.макс}$, *в*	—15
Максимальное напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи базы 500 *ом* $U_{к.э R}$, *в*	—12
Максимальное напряжение коллектор — эмиттер при сопротивлении в цепи эмиттера не менее 500 *ом* и в цепи базы не более 2 *ком* $U'_{к.э R}$, *в*	—15

Таблица 4

Усредненные значения y-параметров транзисторов ГТ313 в схемах включения с общим эмиттером и общей базой на $f = 100$ *Мгц* при $I_э = 3$ *ма*

Параметр	Схема включения	
	С общим эмиттером	С общей базой
y_{11}	$8{,}8+j7{,}7$	$40-j28$
y_{12}	$-0{,}4-j0{,}95$	$-0{,}05-j0{,}15$
y_{21}	$31-j36$	$-31+j0{,}35$
y_{22}	$0{,}4+j1{,}1$	$0{,}4+j1{,}1$

При значительной величине K_{P1} значение F определяется в основном шумами усилителя ВЧ. С ростом частоты K_{P1} уменьшается, а F увеличивается, что ведет к увеличению шумов на верхних каналах (рис. 6).

Рассмотрим теперь более подробно особенности работы отдельных каскадов блока.

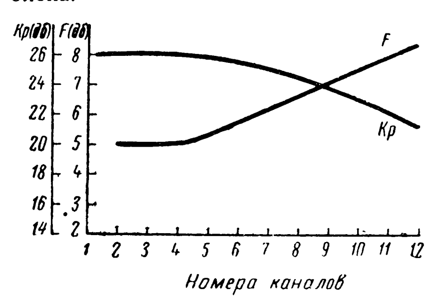


Рис. 6. Распределение коэффициента усиления и коэффициента шума блока ПТК по каналам в диапазоне МВ.

Усилитель ВЧ

Одним из основных вопросов при проектировании усилителя ВЧ является выбор схемы включения транзистора. Наиболее часто в данном каскаде используется схема включения с общим эмиттером, позволяющая получить более высокий коэффициент усиления. Недостатком схемы с общим эмиттером является значительная внутренняя обратная связь, для компенсации которой используются схемы нейтрализации, позволяющие увеличить устойчивость работы каскада (более подробно вопросы нейтрализации будут рассмотрены ниже).

Схема с общей базой не требует нейтрализации и обеспечивает более равномерное усиление по диапазону. На достаточно высоких частотах коэффициенты усиления схем с общей базой и общим

эмиттером могут иметь одинаковую величину, и тогда более целесообразно использовать схему включения с общей базой.

При выборе схемы включения необходимо учитывать также граничную частоту усиления используемых транзисторов. Высокочастотные транзисторы позволяют использовать схему включения с общим эмиттером, для менее высокочастотных транзисторов необходимо применять включение по схеме с общей базой (предельная частота при этом увеличивается в $|\beta|$ раз, где $|\beta|$ — модуль коэффициента усиления на ВЧ).

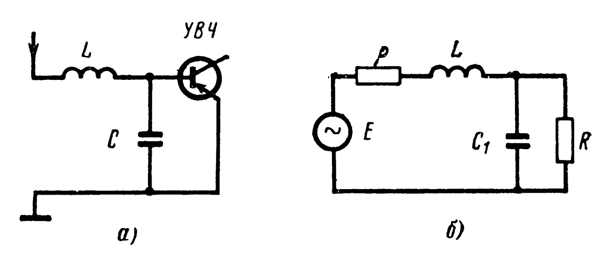


Рис. 7. Схема входной цепи.
а — упрощенная; *б* — эквивалентная.

С точки зрения шумов обе схемы включения примерно равноценны.

Связь каскада усиления ВЧ с антенной осуществляется с помощью входного контура, содержащего коммутируемую для каждого канала индуктивность, включенную последовательно в цепь сигнала. Контур осуществляет согласование сопротивления антенны (встроенной телескопической для переносных телевизоров или внешней для стационарных) с входным сопротивлением транзистора Это позволяет передать к входу каскада максимальную мощность сигнала и избежать паразитных отражений (повторов изображения) на экране. Для оптимального согласования должно выполняться соотношение

$$Z_{\text{а}} = \rho_{\text{к}} = Z_{\text{вх}}, \qquad (2)$$

где $Z_{\text{а}}$ — сопротивление антенны;
$\rho_{\text{к}}$ — волновое сопротивление кабеля;
$Z_{\text{вх}}$ — входное сопротивление транзистора.

Упрощенная схема входной цепи и ее эквивалентная схема показаны на рис. 7, где $C_1 = C + C_{\text{вх.тр}}$; $R = R_{\text{вх.тр}}$; $\rho = 75$ *ом.*

Одновременно с согласованием входная цепь участвует и в настройке, так как представляет собой настроенный контур. Он способствует уменьшению перекрестной модуляции на входе телевизора и увеличению помехоустойчивости по ПЧ.

Для подавления помех на ПЧ и частотах, расположенных ниже частоты первого канала, на входе блока может включаться фильтр верхних частот, два варианта которого показаны на рис. 8. Граничная частота фильтра $f_{\text{гр}} \approx 40$ *Мгц*.. Расчет элементов фильтра проводится по формулам:

$$L = \frac{R}{4\pi f_{\text{гр}}}; \; C = \frac{1}{4\pi f_{\text{гр}} R}, \text{ где } R = 75 \text{ ом}. \qquad (3)$$

Высокое качество работы блока ПТК обеспечивается при значительном коэффициенте усиления и малом коэффициенте шума каскада усиления ВЧ. Обычно регулировка усиления в этом каскаде не используется, и для обеспечения снижения уровня сигнала при приеме близкорасположенных станций используется делитель напряжения сигнала на входе телевизора, позволяющий ослабить сигнал в отношении 1 : 10 (рис. 9). В некоторых типах телевизоров используется переключатель чувствительности, подключающий в цепь сигнала дополнительные сопротивления. Если входной сигнал изменяется в значительных пределах, что особенно проявляется при экс-

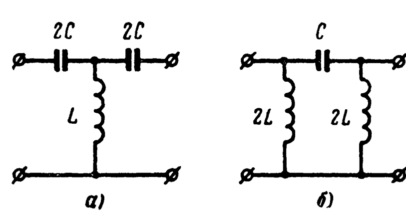


Рис. 8. Различные варианты фильтра верхних частот.
а — Т-образный; *б* — П-образный.

Вход
Выход
1:1
П
1:10
150
75

Рис 9. Делитель напряжения сигнала.

плуатации переносных телевизоров, необходима более качественная регулировка усиления. С этой целью на вход усилителя ВЧ подается напряжение АРУ, позволяющее избежать изменения выходного сигнала при значительном изменении входного сигнала вследствие различия уровней передающих станций, отражений сигнала от различных препятствий, изменения характеристик используемых транзисторов, изменения положения антенны. Система АРУ обладает существенным недостатком, заключающимся в изменении характеристик каскада (входных и выходных параметров, частотной характеристики и др.) в функции приложенного напряжения.. Из двух способов АРУ — «прямого» и «обратного» — минимальные искажения обеспечивает «обратная» АРУ, при которой для уменьшения усиления используется уменьшение коллекторного тока регулируемого каскада. Недостатком «обратной» АРУ является возможность появления перекрестной модуляции при малых уровнях входного сигнала.

Следует отметить, что регулировка усиления может осуществляться и без изменения рабочей точки транзистора, что позволяет сохранить характеристики каскада постоянными. Подобная регулировка осуществляется изменением коэффициента отрицательной обратной связи: в схему вводится элемент обратной связи, величина которого изменяется в функции приложенного управляющего напряжения.

Чувствительность блока (и всего телевизора в целом) зависит от уровня собственных шумов. Шумовые характеристики блока ПТК, как было сказано выше, определяются в основном шумами усилителя ВЧ. Они зависят от шумов элементов схемы и используемого транзистора. Шумы активных элементов (сопротивлений) имеют тепловую структуру и обусловлены хаотическим движением электронов внутри материала. Шумы транзисторов порождаются флуктуациями токов через переходы, тепловыми шумами актив-

ного сопротивления области базы, флуктуациями процессов диффузии и рекомбинации носителей. Для характеристики шумовых свойств используется понятие коэффициента шума, под которым подразумевается отношение полной мощности шума на выходе схемы к той

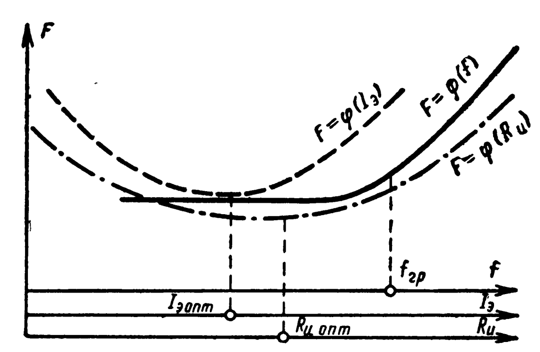


Рис. 10. Зависимость коэффициента шума F от тока эмиттера $I_э$, частоты f и сопротивления источника сигнала $R_и$.

его части, которая обусловлена шумом сопротивления источника сигнала. Величина коэффициента шума определяется из соотношения

$$F = 1 + \frac{r'_б}{R_и} + \frac{r_э}{2R_и} + \frac{(r'_б + r_э + R_и)^2}{2R_и r_э \beta_0}\left[1 + \left(\frac{f}{f_\alpha}\right)^2 (1 + \beta_0)\right], \quad (4)$$

где $R_и$ — сопротивление источника сигнала;

β_0 — коэффициент усиления по току на НЧ;

f_α — граничная частота усиления в схеме с общей базой;

f — рабочая частота;

$r'_б$, $r_э$ — сопротивление базы и эмиттера соответственно, определенные из соотношений:

$$r'_б\,(ом) \simeq \frac{(2 \div 3)\, r'_б C_к (псек)}{C_к\,(пф)}; \qquad r_э\,(ом) \approx \frac{26}{I_э\,(ма)}.$$

Здесь $r'_б\,C_к$ — постоянная времени цепи обратной связи; $C_к$ — емкость коллекторного перехода (эти величины даются в технических условиях на транзистор); $I_э$ — ток эмиттера.

Таким образом, как видно из (4), коэффициент шума зависит от частоты, режима работы транзистора, сопротивления источника сигнала и других факторов. Эти зависимости показаны на рис. 10

Расчеты и эксперименты показывают, что величина F (при условии обеспечения одинакового сопротивления источника $R_и$) практически постоянна для схем включения с общим эмиттером и и общей базой. Величина F минимальна при некотором значении

$$R_{и.опт} = \sqrt{(r'_б + r_э)^2 + \frac{r_э \beta_0 (r_э + 2r'_б)}{1 + \left(\frac{f}{f_\alpha}\right)^2 (1 + \beta_0)}}. \quad (5)$$

При этом

$$F_{мин} = 1 + \frac{r'_б + r_э + R_{и.опт}}{\beta_0 r_в}\left[1 + \left(\frac{f}{f_\alpha}\right)^2 (1 + \beta_0)\right]. \quad (6)$$

При рассмотрении зависимости коэффициента шума от частоты можно заметить, что, с некоторой $f_{гр}$, начинается рост F. Эта величина

$$f_{гр} \approx f_\alpha \sqrt{1 - \alpha_0} \approx \sqrt{f_\alpha f_\beta}, \quad (7)$$

где α_0 — коэффициент усиления по току в схеме с общей базой на НЧ;

f_β — граничная частота усиления по току в схеме с общим эмиттером.

Для уменьшения коэффициента шума необходимо: использовать в первом каскаде транзисторы с высоким значением $\alpha(\beta)$ и $f_\alpha(f_\beta)$, малыми значениями $r'_б$ и $I_{к0}$; подбирать режим работы

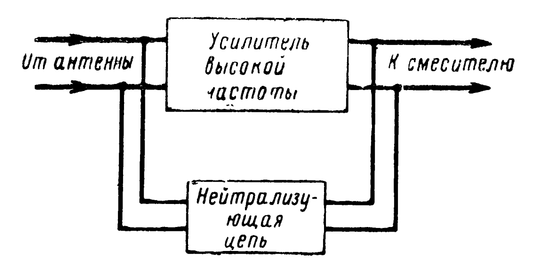


Рис. 11. Блок-схема нейтрализации.

транзистора так, чтобы величина тока эмиттера незначительно отклонялась от тока $I_{э\,опт}$, соответствующего для транзисторов ГТ313 величине 1—5 *ма*; выбирать значение сопротивления источника, соответствующее или близкое к $R_{и\,опт}$.

На экране телевизора шумы проявляются в виде подвижных точек, напоминающих снег. Чем выше отношение сигнал/шум, тем менее различимы шумы на экране. Удовлетворительным считается изображение при отношении сигнал/шум $N = 30 \div 40$ *дб*, хорошим — при $N = 50 \div 60$ *дб*, отличным — при $N > 60$ *дб*.

Другой важный вопрос, возникающий при проектировании ПТК — это обеспечение устойчивой работы усилителя ВЧ. Основная причина неустойчивой работы заключается в довольно высокой величине обратной проходной проводимости y_{12} из-за емкости коллектор — база, ведущей к появлению в схеме с общим эмиттером значительной обратной связи с выхода на его вход. Глубина обратной связи увеличивается с ростом частоты и может привести к самовозбуждению усилителя, изменению его частотной характеристики и коэффициента усиления, взаимозависимости входного сопротивления и сопротивления нагрузки, а также выходного сопротивления и сопротивления источника.

Для уменьшения внутренней обратной связи часто используют цепи нейтрализации (рис. 11), представляющие собой внешнюю обратную связь, компенсирующую внутреннюю. Однако подбор эле-

ментов нейтрализующей цепи довольно труден; кроме того, эта цепь обеспечивает хорошую нейтрализацию лишь на одной определенной частоте или в очень узком диапазоне частот. В связи с этим для увеличения устойчивости широкополосных каскадов усиления рекомендуется использовать включение транзисторов по схеме с общей базой или применять каскодное соединение двух транзисторов; в последнем случае величина проводимости

$$y_{12к} = -\frac{y_{12э}y_{12б}}{y_{22э}y_{11б}} \qquad (8)$$

в зависимости от типа транзистора, режима его работы и частоты может быть значительно меньше, чем $y_{12э}$.

Другие требования к каскаду усиления ВЧ заключаются в постоянстве частотной характеристики на всех каналах, обеспечении необходимой избирательности и температурной стабильности. Последняя обусловлена зависимостью обратного тока коллекторного перехода $I_{к0}$ от температуры. Этот ток растет с повышением температуры (рис. 5), увеличивая общий ток через транзистор, что ведет к увеличению рассеиваемой мощности и разогреву транзистора. Для повышения температурной стабильности рекомендуется включать сопротивление в цепь эмиттера и делитель на сопротивлениях в цепь базы.

Гетеродин

Из трех основных схем включения — с индуктивной, емкостной и автотрансформаторной связью — в гетеродине ПТК наиболее часто используется схема с емкостной связью, как наиболее простая и обеспечивающая устойчивую генерацию в требуемом диапазоне

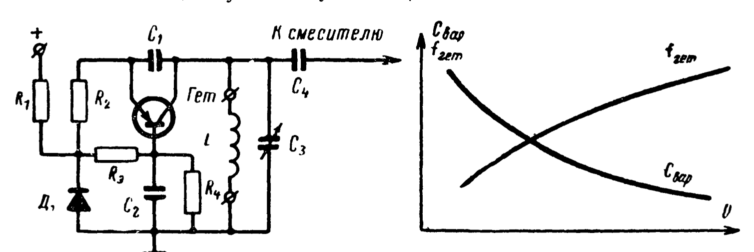


Рис. 12. Схема стабилизации частоты гетеродина.

Рис. 13 Зависимость емкости варикапа $C_{вар}$ и частоты гетеродина $f_{гет}$ от приложенного напряжения U.

частот. Особенностью гетеродина, собранного на транзисторе, по сравнению с ламповой схемой является значительно меньшая мощность выходного сигнала (около 1—2 *мвт*).

Частота гетеродина выбирается выше частоты принимаемого сигнала на величину ПЧ. Высокие требования предъявляются к ее стабильности при изменении напряжения питания и температуры; в хороших схемах уход частоты не превышает ±200 *кгц*. Для повышения стабильности частоты гетеродина принимаются специальные

меры: применение конденсаторов с малым температурным коэффициентом и стабилитронов для стабилизации коллекторного напряжения, слабая связь контура гетеродина с транзистором и гетеродина со смесителем и др. Одна из подобных схем, использующая стабилитрон $Д_1$, показана на рис. 12.

Для изменения частоты гетеродина в небольших пределах обычно используются переменные конденсатор или индуктивность. Кроме того, с этой же целью может использоваться варикап (диод с переменной емкостью), включенный параллельно настраиваемому контуру. Изменение емкости диода осуществляется изменением напряжения смещения $U_{см}$ вручную (с помощью потенциометра) или автоматически (подачей на диод напряжения с дискриминатора). Емкость варикапа

$$C_{вар} = \frac{1}{\sqrt[n]{U_{см}}},$$

где $n = 2 \div 3$.

На рис. 13 показана зависимость изменения $C_{вар}$ и $f_{гет}$ от приложенного напряжения U.

Излучение частоты гетеродина в антенну сводится к минимуму путем надежного экранирования блока ПТК.

Смеситель

На смеситель подаются сигналы с выхода усилителя ВЧ и с гетеродина. Выходной контур смесителя настроен на первую гармонику разностной частоты, при этом выходной сигнал имеет частоту $f_{пч} = f_{гет} - f_{вч}$.

Транзистор в схеме смесителя может быть включен как по схеме с общим эмиттером, так и по схеме с общей базой. Обе схемы имеют примерно одинаковую крутизну преобразования; вопросы обеспечения устойчивости при выборе схемы включения не играют такой роли, как в усилителе ВЧ, так как частоты сигналов на входе и выходе каскада различны и обратная связь будет значительно слабее; однако следует отметить, что входные параметры схемы с общим эмиттером зависят от частоты приходящего сигнала.

Подача сигналов на смеситель может осуществляться двумя способами: на один электрод (эмиттер в схеме с общей базой и база в схеме с общим эмиттером) или на разные электроды (напряжение сигнала на базу, а гетеродина — на эмиттер транзистора в схеме включения с общим эмиттером или напряжение сигнала на эмиттер, а гетеродина — на базу в схеме с общей базой).

Оптимальная величина усиления при преобразовании обеспечивается при $U_{гет} = 0{,}15 \div 0{,}3$ *в* ($P_{гет} \approx 1$ *мвт*). При этом также обеспечивается минимальная величина шумов.

Следует отметить, что в ряде блоков ПТК предусмотрен дополнительный вход сигнала — на смеситель подается сигнал ПЧ с выхода блока настройки ДЦВ. Это решение используется в том случае, если блок ДЦВ не дает достаточной величины усиления сигнала; при этом смеситель блока ПТК МВ используется в качестве дополнительного усилителя ПЧ.

Связь смесителя с каскадом усиления ВЧ осуществляется с помощью полосового фильтра, формирующего частотную характеристику блока ПТК и обеспечивающего необходимую избирательность по зеркальному каналу.

Связь смесителя с гетеродином наиболее часто выбирается емкостной; в качестве емкости связи выбирается конденсатор небольшой емкости (3—10 *пф*).

Нагрузкой смесителя в ряде схем служит одиночный контур, настроенный на ПЧ. При этом основная избирательность осуществляется с помощью фильтра сосредоточенной селекции, включенного на входе усилителя ПЧ.

В заключение необходимо рассмотреть связь выхода блока ПТК со схемой усиления ПЧ. В некоторых схемах используется полосовой фильтр со связью выше критической; первичная обмотка фильтра находится в блоке ПТК, а вторичная — во входной цепи усилителя ПЧ; в качестве емкости связи используется емкость кабеля связи (при погонной емкости кабеля 76 *пф/м* и его длине 30 *см* емкость составляет около 24 *пф*).

В телевизорах последних выпусков используются два решения:

а) схема усиления ПЧ снабжена одним входом, а сигнал на него коммутируется с выходов блока ПТК МВ или блока настройки ДЦВ с помощью системы на диодах (рис. 14).

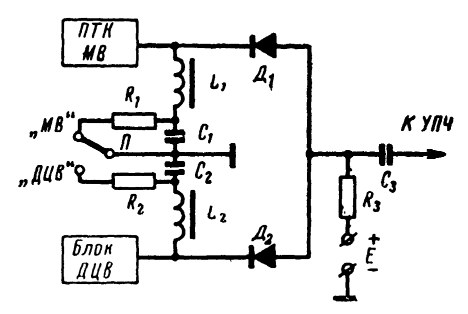


Рис. 14. Схема диодной коммутации блоков МВ и ДЦВ.

Аноды диодов $Д_1$ и $Д_2$ соединены с положительным полюсом источника питания *E*; если переключатель *П* находится в положении «*МВ*», на катод $Д_1$ подается отрицательный потенциал, отпирающий диод, и сигнал с выхода блока *МВ* проходит на вход усилителя ПЧ. При этом $Д_2$ заперт и сигнал с выхода блока ДЦВ не достигает входа усилителя. При переключении *П* в. положение «*ДЦВ*» диод $Д_1$ запирается, $Д_2$ отпирается и на вход усилителя поступает сигнал с блока ДЦВ. Потеря усиления при использовании подобной коммутации составляет около 1 *дб*.

б) схема усиления ПЧ содержит два независимых входа для блоков МВ и ДЦВ; связь осуществляется с помощью настроенных контуров, как было сказано выше.

Практические схемы

Рассмотрим некоторые принципиальные схемы транзисторных блоков ПТК МВ, которые используются в ряде отечественных и зарубежных телевизоров.

Блок ПТК-П, схема которого показана на рис. 15, применен в отечественном переносном транзисторном телевизоре «Юность».

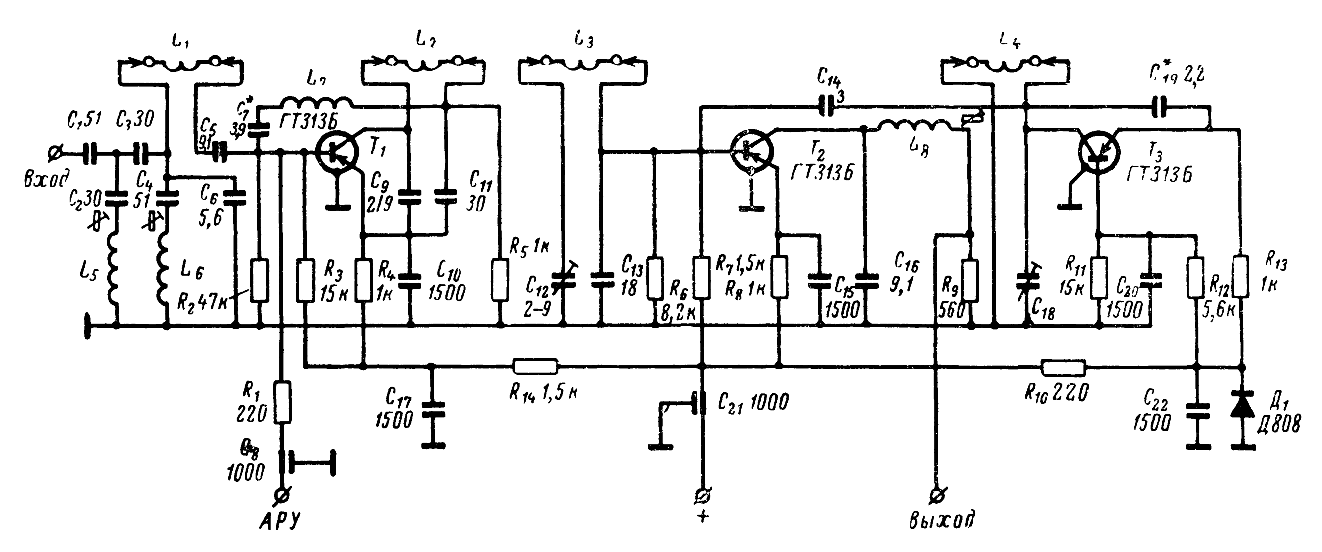


Рис. 15. Принципиальная схема блока ПТК-П телевизора «Юность».

Схема содержит три каскада. Фильтр на входе блока, содержащий C_1, C_2, C_3, C_4, L_5, L_6, обеспечивает необходимую режекцию по ПЧ. Входной контур образован индуктивностью L_1, емкостями C_5 и C_6 и входной емкостью транзистора T_1, служащего усилителем ВЧ и включенного по схеме с общим эмиттером. Полосовой фильтр в коллекторной цепи этого транзистора содержит L_2, L_3, C_9, C_{11}, C_{12}, C_{13}. Для повышения стабильности работы усилителя ВЧ в нем

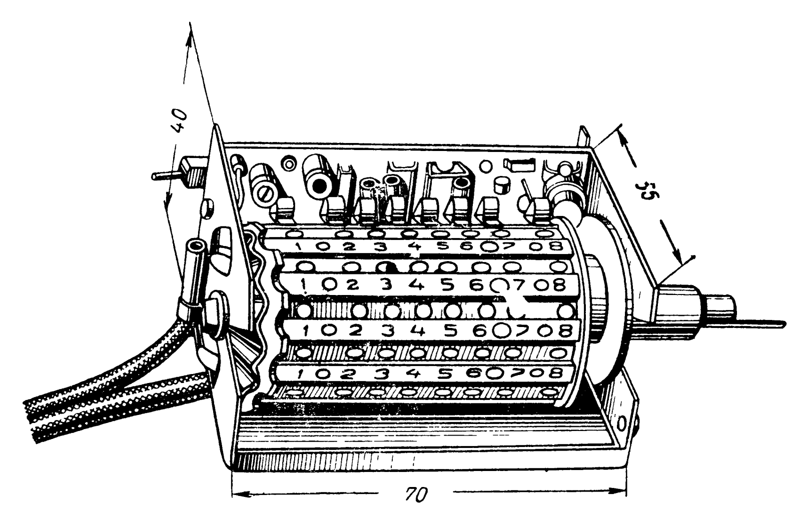


Рис. 16 Внешний вид (со снятой крышкой) блока ПТК-П телевизора «Юность».

используется цепь нейтрализации L_7, C_7 На базу T_1 через сопротивление R_1 подается напряжение АРУ.

Гетеродин с емкостной обратной связью через C_{19} собран на транзисторе T_3. Контур в коллекторной цепи включает L_4, подстроечный конденсатор C_{18} (с помощью которого осуществляется подстройка частоты гетеродина), коллекторную емкость транзистора и емкость монтажа. Для повышения стабильности частоты гетеродина в схеме использован стабилитрон $Д_1$.

Смеситель выполнен на транзисторе T_2, включенном по схеме с общим эмиттером без нейтрализации. Напряжения сигнала и гетеродина подаются на базу этого транзистора, причем каскад гетеродина связан со смесителем через малую емкость C_{14}. Контур в коллекторной цепи L_8, C_{16} настроен на среднюю частоту полосы пропускания усилителя ПЧ (35 *Мгц*). Наличие резистора R_9, с которого снимается выходной сигнал ПЧ, позволяет расширить полосу частот выходного контура таким образом, что он пропускает как ПЧ изображения, так и ПЧ звука.

Внешний вид блока со снятой крышкой показан на рис. 16, а печатная плата, на которой собирается схема блока, — на рис. 17,

На Каунасском радиозаводе разработана схема блока ПТК-14, предназначенного для работы в телевизионных транзисторных при-

емниках черно-белого изображения второго класса. Схема блока показана на рис. 18.

Блок содержит три каскада — усилитель ВЧ, гетеродин и смеситель, а также цепь автоподстройки частоты гетеродина. На входе блока для обеспечения подавления сигнала ПЧ применяются фильтры L_1, C_1 и L_3, C_3. Цепь L_2, C_2 используется для снижения перекрестных искажений. Входной контур содержит C_5, $L_{вх}$, C_6, C_7.

Транзистор T_1 в каскаде усиления ВЧ включен по схеме с общей базой. Коллекторной нагрузкой этого каскада является двух-

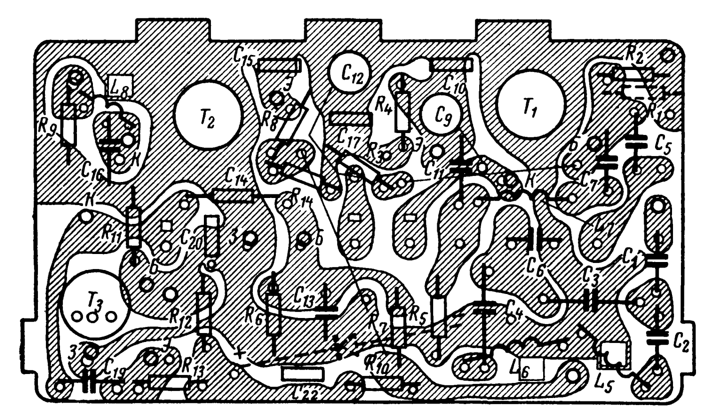


Рис. 17. Печатная плата блока ПТК-П.

контурный полосовой фильтр с индуктивной связью между $L_{п1}$ и $L_{п2}$. Смеситель выполнен на транзисторе T_2 по схеме с общим эмиттером, а гетеродин — на транзисторе T_3 с емкостной связью (через C_{22}) между коллектором и эмиттером. Для стабилизации частоты гетеродина при изменении напряжения питания используется стабилитрон $Д_1$. Параллельно контуру гетеродина включен варикап $Д_2$, позволяющий изменять частоту гетеродина в небольших пределах путем регулировки напряжения, подаваемого на $Д_2$.

На выходе блока включен настроенный на ПЧ фильтр, подавляющий частоту гетеродина и ее гармоники. Выходное сопротивление блока по ПЧ составляет 75 *ом*.

В схеме предусмотрена подача напряжения АРУ в цепь базы усилителя ВЧ и сигнала с выхода блока настройки ДЦВ в цепь базы смесителя.

Напряжение питания схемы 12 *в*.

На рис. 19 приведена принципиальная схема блока ПТКП-2, используемого в переносном малогабаритном телевизоре «Турист». Телевизор этот снабжен кинескопом размером 11 *см* по диагонали с углом отклонения 55°. Он предназначен для приема телевизионных программ на всех 12 каналах и имеет габариты 220×99×223 *мм*. Вес телевизора без блока питания 2,5 *кг*; с блоком питания — 3,5 *кг*.

В блоке ПТК используются три транзистора типа ГТ313Б, включенные: в каскаде усилителя ВЧ — по схеме с общей базой, в каскаде смесителя — по схеме с общим эмиттером. На входе бло-

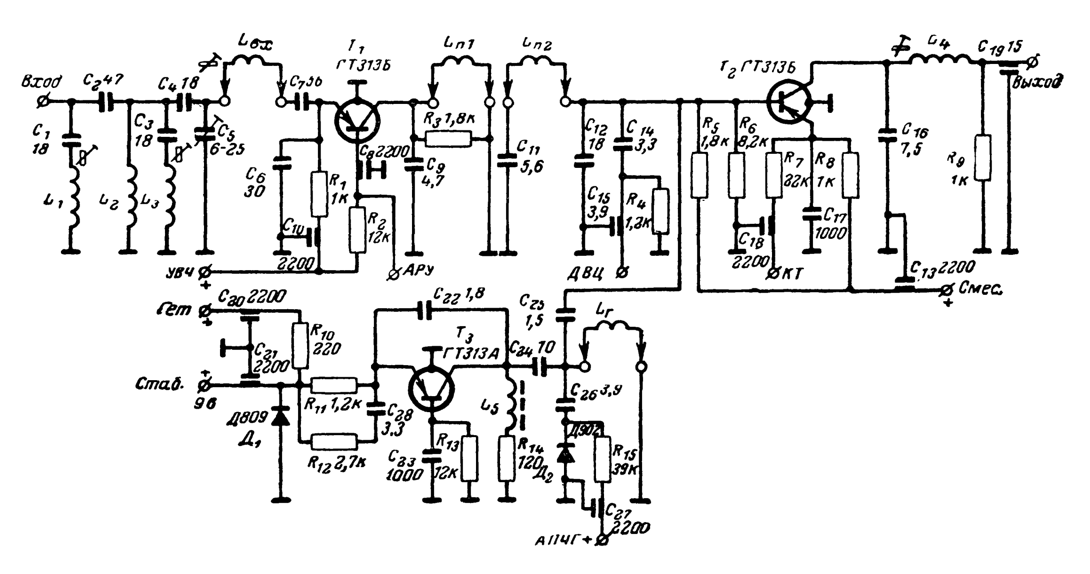


Рис. 18. Принципиальная схема блока ПТК-14.

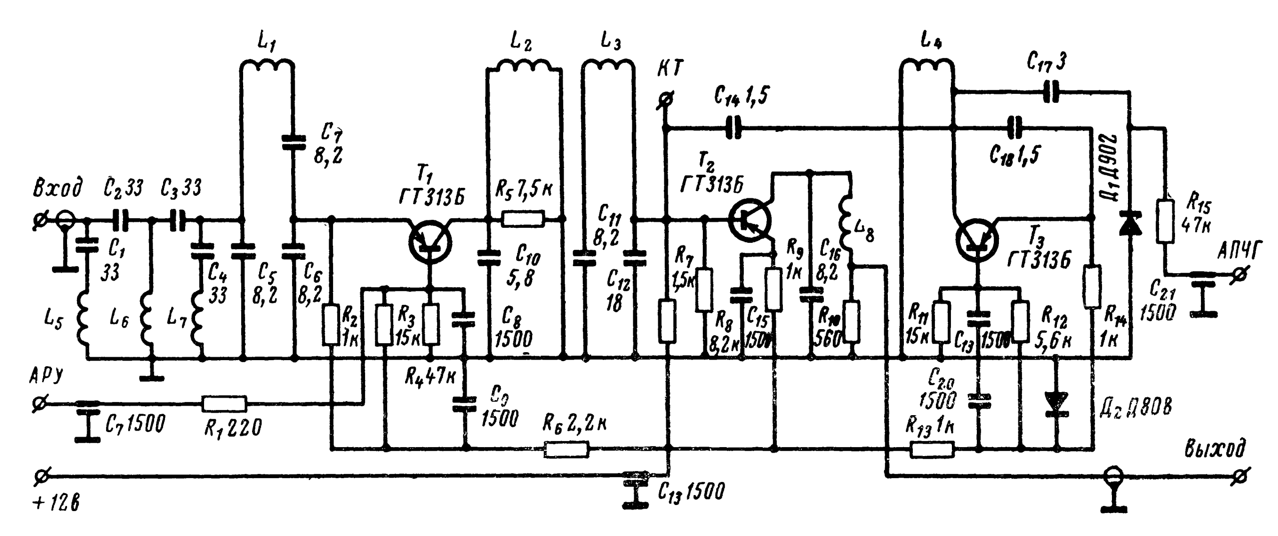


Рис. 19. Принципиальная схема блока ПТКП-2.

ка включен фильтр верхних частот, содержащий C_1, C_2, C_3, C_4, C_5, L_5, L_6, L_7 и обеспечивающий необходимую режекцию по ПЧ. Входной контур включает в себя элементы L_1, C_6, C_7. Нагрузкой усилителя ВЧ является полосовой фильтр, содержащий L_2, C_{10}, L_3, C_{11}, C_{12}. Контур на выходе смесителя настроен на среднюю частоту полосы пропускания усилителя ПЧ изображения (35 *Мгц*). Стабилизация напряжения питания гетеродина, собранного на транзисторе T_3, осуществляется с помощью стабилитрона $Д_2$. Для перестройки частоты гетеродина применяется варикап $Д_1$, емкость которого регулируется путем изменения подаваемого на него напряжения (зажим АПЧГ). Напряжение питания блока 12 *в*. В цепь базы каскада усиления ВЧ подается напряжение АРУ.

Моточные данные катушек индуктивности, используемых в блоке ПТКП-2, приведены в табл. 5. Намотка рядовая однослойная проводом ПЭВ-1.

Таблица 5

Моточные данные катушек индуктивности блока ПТКП-2

№ канала	L_1	L_2	L_3	L_4
1	24 витка ⌀ 0,12	28 витков ⌀ 0,12	31 виток ⌀ 0,12	19 витков ⌀ 0,19
2	22 витка ⌀ 0,12	26 витков ⌀ 0,12	28 витков ⌀ 0,12	15 витков ⌀ 0,19
3	18 витков ⌀ 0,12	21 виток ⌀ 0,12	23 витка ⌀ 0,12	11 витков ⌀ 0,19
4	15 витков ⌀ 0,12	19 витков ⌀ 0,12	21 виток ⌀ 0,12	9 витков ⌀ 0,19
5	12 витков ⌀ 0,12	16 витков ⌀ 0,12	19 витков ⌀ 0,12	7 витков ⌀ 0,19
6	9 витков ⌀ 0,3	7 витков ⌀ 0,3	7 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,49
7	9 витков ⌀ 0,3	7 витков ⌀ 0,3	7 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,49
8	8 витков ⌀ 0,3	6 витков ⌀ 0,3	6 витков ⌀ 0,3	4 витка ⌀ 0,49
9	8 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,3	4 витка ⌀ 0,49
10	7 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,3	5 витков ⌀ 0,3	3 витка ⌀ 0,49
11	7 витков ⌀ 0,3	4 витка ⌀ 0,3	4 витка ⌀ 0,3	3 витка ⌀ 0,49
12	6 витков ⌀ 0,3	3 витка ⌀ 0,3	4 витка ⌀ 0,3	3 витка ⌀ 0,49

Примечание. Катушки L_5 и L_7 содержат по 11 витков провода ПЭВ-1 0,19. Катушка L_6 содержит 10 витков провода ПЭЗ 1 0,19. Катушка L_8 содержит 21 виток провода ПЭВ-1 0,12.

На рис. 20 показана схема блока ПТК телевизора «Astronaut» (фирма Imperial, ФРГ). Схема рассчитана на подключение входного симметричного кабеля и снабжена входным трансформатором *Тр*. Кроме того, на вход блока сигнал подается через переключаемый делитель, позволяющий уменьшить уровень сигнала при приеме на небольшом расстоянии от телецентра.

Усилитель ВЧ (T_1) включен по схеме с общей базой без нейтрализации. Через входной контур сигнал подается в эмиттер этого транзистора; к его базе подводится напряжение АРУ; в коллекторной цепи включен полосовой фильтр с индуктивной связью $L_2=L_3$.

Гетеродин на транзисторе T_3 использует емкостную связь между эмиттером и коллектором с помощью C_{16}. Подстройка частоты гетеродина осуществляется с помощью конденсатора C_{21}, включенного параллельно контуру гетеродина. Через небольшую емкость связи C_{17} напряжение с гетеродина подается на базу смесителя T_2, включенного по схеме с общим эмиттером; туда же поступает на-

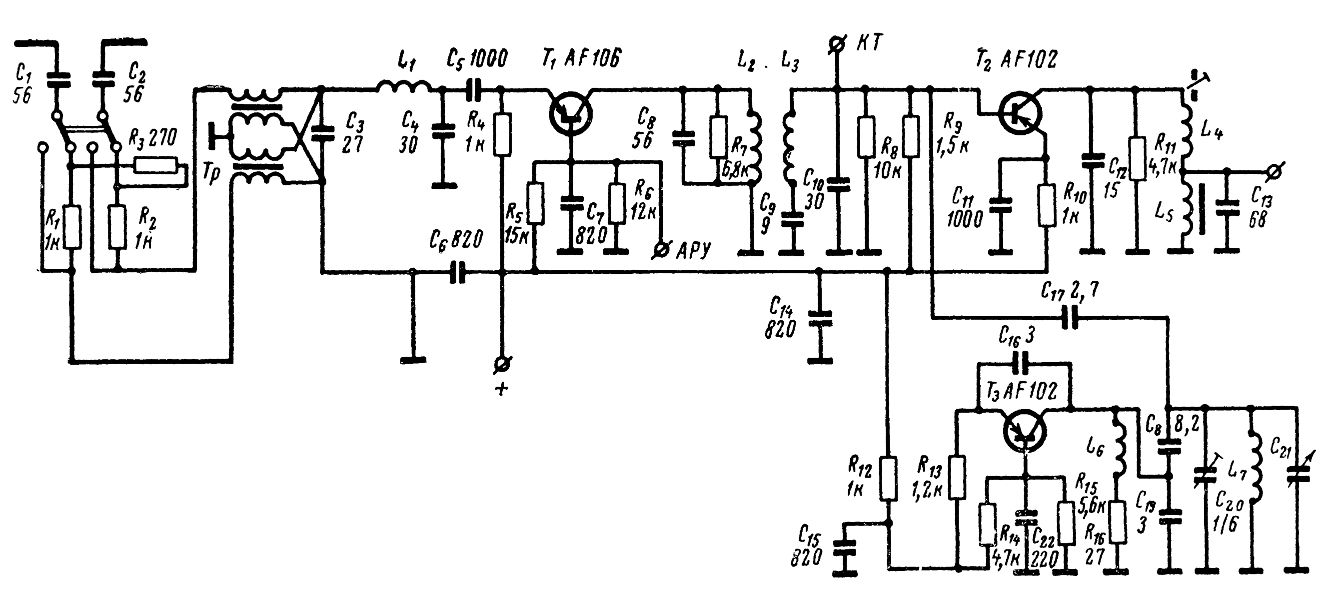


Рис. 20. Принципиальная схема блока ПТК телевизора «Imperial»

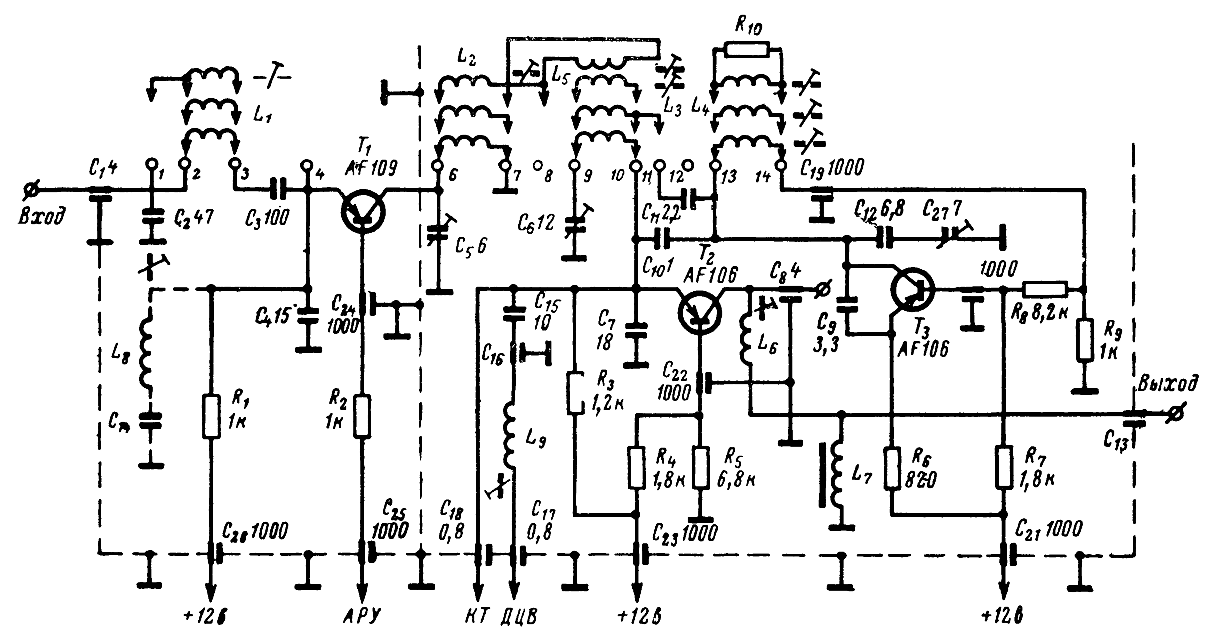


Рис. 21. Принципиальная схема блока ПТК Arena.

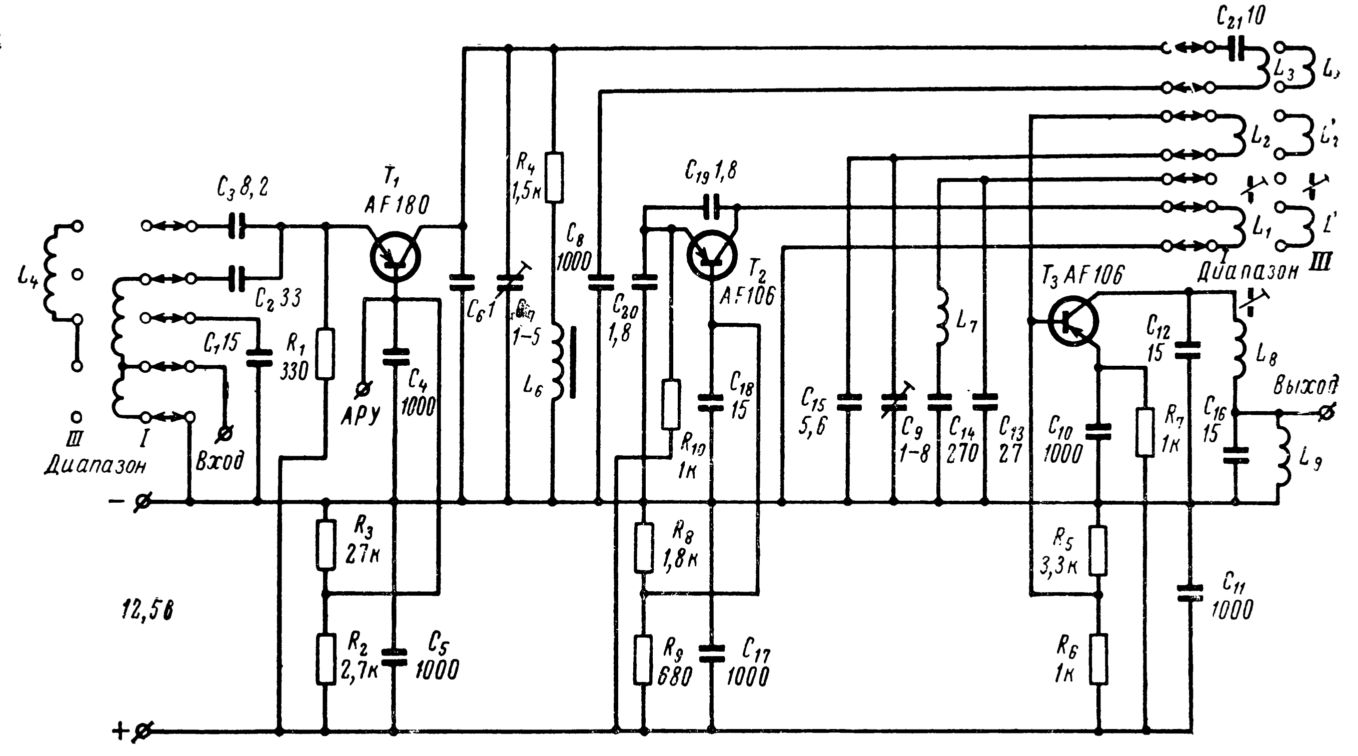


Рис. 22. Принципиальная схема блока ПТК Orega.

пряжение сигнала с выхода усилителя ВЧ. Контур в коллекторной цепи T_2 настроен на ПЧ.

В блоке ПТК «Arena» (Франция), показанном на рис. 21, все транзисторы включены по схеме с общей базой. Напряжение питания блока 12 *в*.

На рис. 21 показаны три вставки, соответствующие различным каналам диапазона МВ.

Сигнал с антенны через входной контур (L_1, C_1, C_4) подается на эмиттер усилителя ВЧ, собранного на транзисторе T_1. На базу этого транзистора через R_2 поступает напряжение АРУ. Для увеличения емкости контура на нижних каналах параллельно C_1 включается C_2 Смещение на эмиттер T_1 подается через R_1. Режекторный контур L_8, C_{14} настроен на ПЧ или другую частоту паразитного сигнала и может быть размещен на соответствующих вставках каждого канала. Полосовой фильтр L_2, C_5, L_3, C_6, C_7 с индуктивной связью включен между усилителем ВЧ и смесителем; индуктивность L_3 непосредственно связана с эмиттером смесителя T_2.

Режим работы гетеродина T_3 задается резисторами R_6, R_7, R_8, R_9. Гетеродин использует емкостную связь с помощью C_9 между эмиттером и коллектором. В первом диапазоне индуктивность контура гетеродина L_4 шунтируется сопротивлением R_{10}. Подстройка частоты гетеродина осуществляется с помощью конденсатора C_{27}. На эмиттер смесителя сигнал частоты гетеродина подается через C_{10}. Индуктивности L_6, L_7 в коллекторной цепи смесителя обеспечивают выделение сигнала ПЧ. Сигнал ПЧ с выхода блока ДЦВ подается через L_9, C_{15} на эмиттер смесителя.

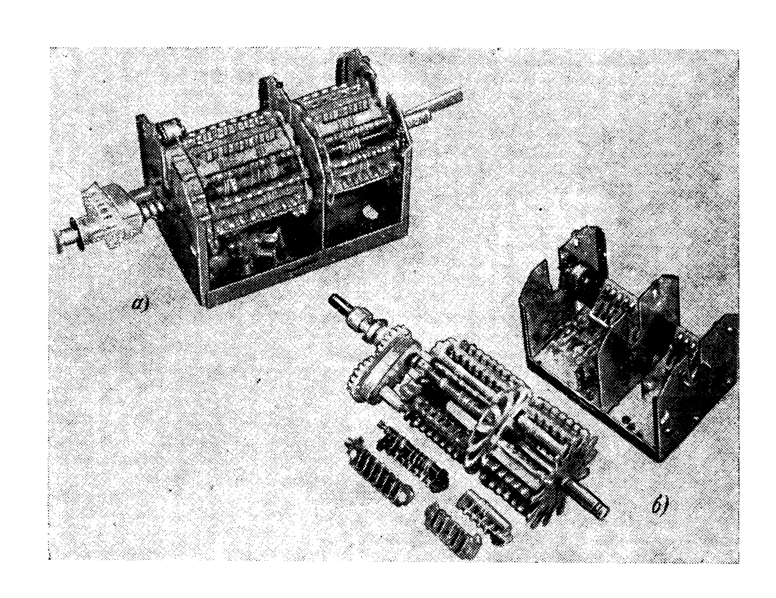


Рис. 23. Блок ПТК Orega.
а — со снятой крышкой; *б* — в разобранном виде.

Основные характеристики блока «Arena»: габариты 100×69×57 *мм*; на вход может подключаться кабель с сопротивлением 75 или 300 *ом*; напряжение питания 12 *в*±10%; потребляемый ток 12 *ма*±1,5 *ма*; средний коэффициент усиления по мощности 25 *дб*; средний коэффициент шума 4,5 *дб* (2 канал) и 6 *дб* (12 канал).

Другая схема ПТК французского производства (фирмы Orega) показана на рис. 22.

Входная цепь осуществляет согласование входного сопротивления усилителя ВЧ с сопротивлением антенны. Для каналов третьего диапазона она содержит L_4, C_1 и C_3. В первом диапазоне вместо L_4 используется индуктивность L_5.

Усилитель ВЧ (T_1) **включен по схеме с общей базой без нейтрализации.** Режим работы транзистора в этом каскаде выбран та-

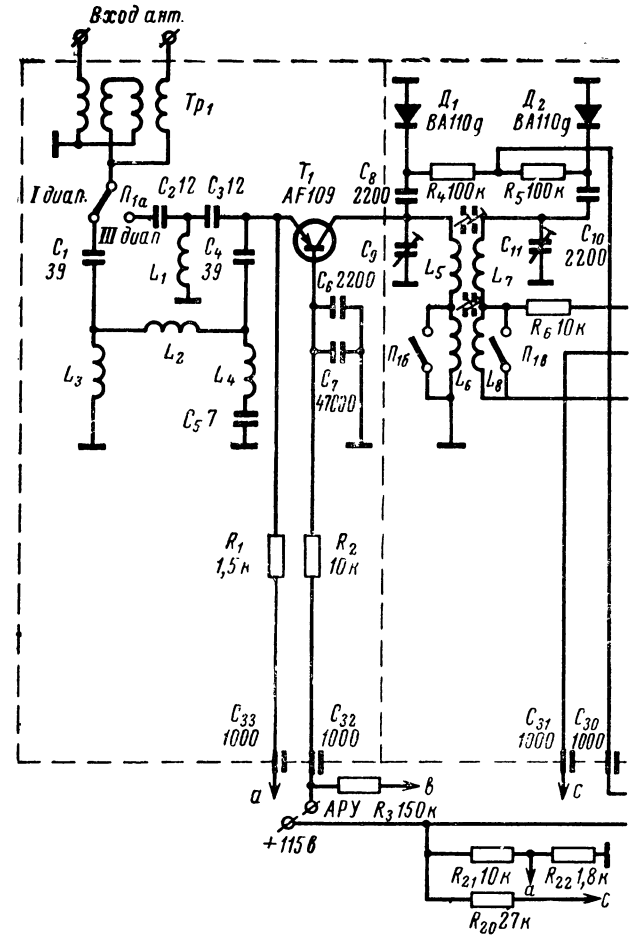
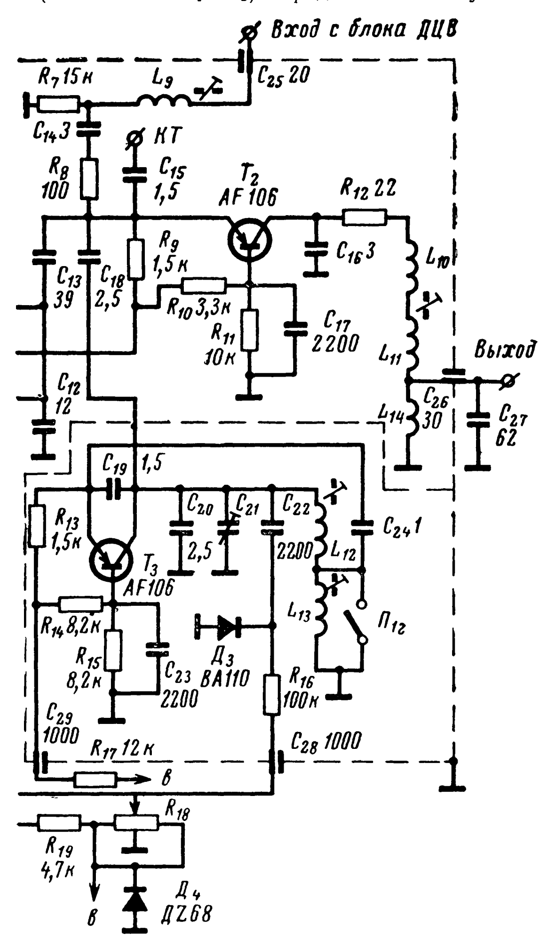


Рис. 24. Принципиальная схема

ким образом, что $U_{кб}=11$ *в*, $I_к=3$ *ма*. На базу транзистора подается напряжение АРУ. Изменение усиления, осуществляемое с помощью АРУ, составляет около 20 *дб* без заметного влияния на форму частотной характеристики (в схеме используется «прямая» АРУ). В коллекторной цепи включен полосовой фильтр L_2, L_3. Подстроечный конденсатор C_7 позволяет устранить влияние разброса выходной емкости транзистора на характеристику блока ПТК и уменьшить расстройку, производимую изменением этой емкости под влиянием АРУ.

Гетеродин собран на транзисторе T_2, в коллекторную цепь которого включен настраиваемый контур. Обратная связь осуществляется с помощью C_{19}. Напряжение частоты гетеродина индуктивно (через связь $L_1=L_2$) передается на базу смесителя.



блока ПТК Grundig.

Смеситель выполнен на транзисторе T_3 по схеме с общим эмиттером. Режим работы этого транзистора ($U_{кб}=9$ *в*, $I_к=3$ *ма*) позволяет получить достаточно высокое усиление преобразования при сравнительно низком коэффициенте шума. На выходе каскада включен фильтр ПЧ, часть которого расположена в блоке ПТК, а часть — на плате усилителя ПЧ.

Основные технические характеристики блока:

напряжение питания 12,6 *в*;

потребляемый ток 16±1 *ма*;

потребляемая мощность 0,2 *вт*;

коэффициент стоячей волны менее 2;

уход частоты гетеродина при изменении температуры до +35° С и напряжения питания на ±10% от номинального не превышает 200 *кгц*.

Общий вид блока показан на рис. 23.

В заключение приведем схему блока ПТК телевизора «Crundig» (ФРГ), в которой применяется электронная перестройка каналов с помощью варикапов (рис. 24).

Блок содержит три каскада. Сигнал с антенны подается на вход усилителя ВЧ, собранного на транзисторе T_1 по схеме с общей базой, через симметрирующий трансформатор $Тр_1$ и переключаемую при изменении диапазона входную цепь. К базе транзистора T_1 подводится напряжение АРУ. Для настройки полосового фильтра и контура гетеродина на частоту соответствующего канала используются варикапы $Д_1$, $Д_2$, $Д_3$, емкость которых изменяется путем регулировки подаваемого на них напряжения. Для компенсации нелинейной зависимости между емкостью варикапа и напряжением и регулировки используется специальный потенциометр R_{18}.

С полосового фильтра напряжение сигнала подается на эмиттер смесителя T_2, включенного по схеме с общей базой. На эмиттер через C_{18} подается также напряжение частоты гетеродина и (в случае работы блока ДЦВ) напряжение ПЧ с выхода блока ДЦВ. С коллекторной цепи напряжение ПЧ подается на вход усилителя ПЧ.

Гетеродин выполнен на транзисторе T_3 с емкостной связью через C_{19} Напряжение питания гетеродина стабилизируется с помощью стабилитрона $Д_4$.

БЛОК НАСТРОЙКИ ДИАПАЗОНА ДЦВ

Блок настройки, используемый в диапазоне ДЦВ, должен обладать высокими эксплуатационными характеристиками и надежностью работы; кроме того, он должен иметь малые габариты и достаточно низкую стоимость.

Диапазон частот, используемый для телевизионного вещания на ДЦВ в зарубежных странах, составляет 470—860 *Мгц*. В табл. 6 приведены номера каналов и значения частот, которые могут быть использованы для телевизионного вещания в этом диапазоне в соответствии с отечественным стандартом.

На рис. 25 показана зависимость коэффициента усиления по мощности K_P и коэффициента шума F от частоты в диапазоне ДЦВ. Как видно из рисунка, здесь так же, как и в диапазоне МВ, с ростом частоты увеличивается F и снижается K_P. Однако следует отметить, что значение коэффициента шума в транзисторном блоке лежит значительно ниже, чем в ламповом (примерно на 4—5 *дб*),

Таблица 6

Каналы и частоты для телевизионного вещания в диапазоне ДЦВ в соответствии с отечественным стандартом

№ канала	Несущая частота изображения, *Мгц*	Несущая частота звука, *Мгц*	№ канала	Несущая частота изображения, *Мгц*	Несущая частота звука, *Мгц*
21	471,25	477,75	31	551,25	557,75
22	479,25	485,75	32	559,25	565,75
27	519,25	525,75	33	567,25	573,75
28	527,25	533,75	34	575,25	581,75
29	535,25	541,75	39	615,25	621,75
30	543,25	549,75			

а коэффициент усиления в ряде случаев на 5—10 *дб* превышает K_P для лампового блока. Это является значительным преимуществом транзисторного блока и одной из основных причин перехода в этом диапазоне от ламповых схем к транзисторным.

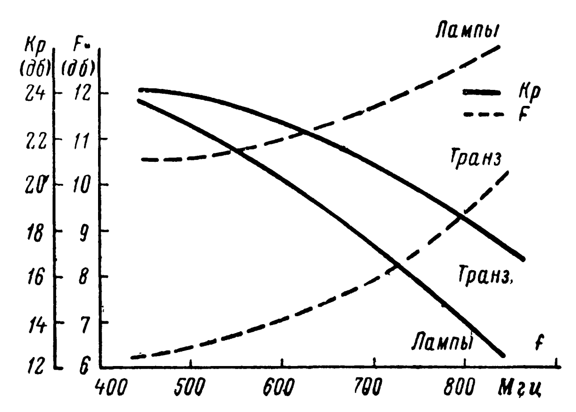


Рис. 25. Зависимость коэффициента усиления K_P и коэффициента шума F от частоты f для транзисторных и ламповых блоков настройки ДЦВ.

К другим преимуществам транзисторных блоков настройки ДЦВ следует отнести: незначительное потребление энергии (напряжение питания транзисторных блоков обычно составляет 12 *в*, потребляемый ток 5—10 *ма*; это позволяет получить величину потребляемой мощности около 0,1—0,2 *вт*, тогда как потребление лампового блока составляет около 7 *вт*), упрощение схемы и конструкции и повышение надежности (за счет отсутствия напряжения накала, соответствующих проходных конденсаторов и дросселей, ведущих к частым неисправностям); уменьшение габаритов, излучения и т. д.

Использование в блоке ДЦВ канальных транзисторов, обладающих весьма малым коэффициентом шума, позволит увеличить чувствительность телевизора, что особенно важно для переносных моделей и эквивалентно увеличению мощности передатчика. Кроме того, в схеме блока могут использоваться диоды, работающие в диапазоне СВЧ, и туннельные диоды.

К приборам, используемым в схеме, предъявляются требования обеспечения высокого коэффициента усиления, малого коэффициента шума, малой емкости обратной связи и получения генерации во всем диапазоне ДЦВ.

Транзисторный блок настройки может быть выполнен в двух вариантах:

а) содержащий входную цепь, смеситель на диоде и гетеродин на транзисторе; подобная схема используется для приема сигналов с высокой интенсивностью;

б) содержащий два транзистора, выполняющих функции усилителя ВЧ и преобразователя; этот вариант используется при работе телевизора на значительном удалении от телецентра.

В дальнейшем будут рассматриваться в основном схемы последнего типа.

В качестве антенн в диапазоне ДЦВ используются специальные конструкции с волновыми вибраторами и рефлекторными решетками. В табл. 7 приведены основные характеристики некоторых типов антенн ДЦВ, выпускаемых зарубежными фирмами.

Таблица 7

Основные характеристики некоторых типов антенн ДЦВ, выпускаемых зарубежными фирмами

Фирма	Тип антенны	Количество элементов	K_u, *дб*	Уровень заднего лепестка, *дб*	Средний угол раствора		Ветровая нагрузка, *кг*
					по горизонтали	по вертикали	
Astro	UHF101	1	6,5—8,5	17—20	48	—	3
	UHF201	2	9,5—12	22—24	48	—	5,5
	UHF401	4	10,5—14	23—26	48	28	9
Engels	245	2	9—12	21—23	45	—	—
	445	4	11—13,6	23—25	45	—	—
Siemens	SAA177	2	7—11	21—24	50	55	3,9
	SAA176	4	9—12,5	22—27	50	25	7,2
Ultron	Starret2	2	11,5	21	—	—	—
	Starret4	4	14,5 (макс.)	26	48	—	—

Для питания блоков используется напряжение 12 *в*, снимаемое с выхода выпрямителя (в транзисторном телевизоре) либо получаемое путем деления напряжения питания анодных цепей или снимаемое с катода одного из выходных каскадов, где напряжение по отношению к шасси превышает 12 *в* (в ламповых телевизорах). При этом напряжение питания блоков МВ и ДЦВ коммутируется в соответствии с их включением; если для усиления сигналов ПЧ используется смеситель блока ПТК МВ, при подключении напряжения питания к блоку ДЦВ снимается напряжение питания с усилителя ВЧ и гетеродина блока ПТК МВ.

На СВЧ резко возрастают потери полезного сигнала на паразитных элементах схемы, поэтому применение обычных контуров в диапазоне ДЦВ нецелесообразно. В качестве элементов настройки блоков ДЦВ используются линии, имеющие электрическую длину λ/2 или λ/4. Такая линия эквивалентна параллельной резонансной цепи, причем при длине λ/4 линия должна быть замкнута накоротко на одном из концов, а при длине λ/2 разомкнута на обоих концах.

На 21 канале длина линии λ/2 должна была бы составлять 31,5 *см*. Однако с целью уменьшения габаритов блока геометрическая длина линии значительно меньше ее электрической длины, определяемой длиной волны принимаемого сигнала. Это осуществляется благодаря тому, что любой отрезок линии менее λ/4 эквивалентен емкости, и, отсекая части линии, меньшие λ/4 и заменяя их эквивалентной емкостью, можно получить электрическое удлинение линии до необходимых размеров (рис. 26). Для удлинения используются подключаемые с одного конца линии выходная емкость транзистора и подстроечный конденсатор и с другого — переменный конденсатор, используемый для перестройки каскада в широком диапазоне частот (или совокупность переменного и подстроечного конденсаторов). Чем бо́льшая часть линии отсекается, тем более высокую величину емкости необходимо подключить для ее компенсации.

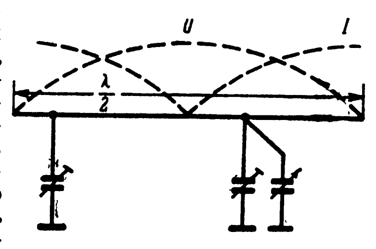


Рис. 26. Схема укорочения линии λ/2.

Сравнивая блоки, выполненные на линиях λ/2 и λ/4, можно заметить, что линии λ/2 с емкостной настройкой обладают высоким усилением в нижней части диапазона. В верхней части диапазона ДЦВ усиление и емкости настройки для линий обоих типов примерно одинаковы.. Линии λ/2 позволяют получить более качественные характеристики блока настройки, однако использование линий λ/4 ведет к снижению габаритов и стоимости блока. Конструктивно оба типа блоков почти ничем не отличаются, за исключением блока переменных конденсаторов (для линий λ/2 с характеристическим сопротивлением 140 *ом* и длиной 26 *мм* диапазон перестройки каждой секции составляет 4—17 *пф*, для линий λ/4 3—10,5 *пф*).

Настройка блока ДЦВ осуществляется плавно по всему диапазону (изменением емкости переменного конденсатора).

Каскады и секции блока отделены друг от друга перегородками. Для связи между контурами полосового фильтра в перегородках делаются отверстия, места для которых определяются по границе перемещения пучности тока и узла напряжения вдоль линии при изменении частоты от одного конца диапазона до другого. Два отверстия позволяют получить магнитную связь в нижней и верхней частях диапазона. При использовании линий λ/4 пучность тока находится в точке короткого замыкания линии, в этом случае для осуществления связи достаточно одного отверстия.

Для увеличения добротности схемы и снижения потерь металлический корпус блока, перегородки и линии покрываются слоем серебра толщиной 5—10 *мк*, а для защиты посеребренной поверхно-

сти от коррозии ее покрывают лаком или слоем родия толщиной 0,1—0,2 *мк*.

Как уже отмечалось выше, особое значение в диапазоне ДЦВ приобретают вопросы уменьшения паразитных реактивных элементов схемы. Каждый конденсатор обладает паразитной индуктивностью, зависящей от размеров конденсатора (числа и габаритов пластин, способа их соединения с выводами) и индуктивности выводов, определяемой их длиной и диаметром; для снижения паразитной индуктивности рекомендуется уменьшать габариты конденсатора и длину выводов. Для трубчатого керамического конденсатора величина паразитной индуктивности примерно соответствует индуктивности проводника, имеющего такую же длину, как и конденсатор. Индуктивности, используемые в схеме, обладают паразитной емкостью, которую можно свести к минимуму, уменьшая диаметр намотки индуктивности и увеличивая отношение шага намотки к диаметру провода.

Значительное влияние оказывает на паразитные параметры внешняя среда: температура, влажность и другие факторы, воздействующие на добротность схемы.

В настоящее время ведутся работы по разработке комбинированного блока, который может работать как в диапазоне МВ, так и в диапазоне ДЦВ. Он содержит три активных элемента, обладает высокой чувствительностью и экономичностью.

Кроме блоков настройки для приема передач в диапазоне ДЦВ, можно использовать конвертеры ДЦВ, позволяющие преобразовать частоту сигнала диапазона ДЦВ в частоту одного из каналов диапазона МВ и подать ее затем на обычный блок ПТК МВ.

Рассмотрим теперь некоторые особенности схем блока настройки ДЦВ.

Усилитель ВЧ

В отличие от ПТК МВ транзисторы в каскаде усиления ВЧ блока ДЦВ всегда включаются по схеме с общей базой. Подобная схема включения обладает малым входным и большим выходным сопротивлением, обеспечивающим удовлетворительное согласование с входными и выходными цепями; низкой величиной внутренней обратной связи с выхода на вход, позволяющей получить высокую стабильность усиления без применения вспомогательных цепей.

Коэффициент стабильности

$$S = \frac{2(g_{11} + g_{\text{ист}})(g_{22} + g_{\text{нагр}})}{|y_{12}y_{21}| + \operatorname{Re}(y_{12}y_{21})}, \qquad (9)$$

где g_{11}, g_{22} — активная часть входной и выходной проводимости y_{11} и y_{22} соответственно;

$g_{\text{ист}}$ — проводимость источника;

$g_{\text{нагр}}$ — проводимость нагрузки.

При $g_{\text{ист}} = g_{\text{нагр}} \approx 0$

$$S = \frac{2g_{11}g_{22}}{|y_{12}y_{21}| + \operatorname{Re}(y_{12}y_{21})}. \qquad (10)$$

Для стабильной работы схемы необходимо, чтобы коэффициент S был больше единицы.

Коэффициент усиления схемы с общей базой

$$K = \frac{|y_{21}|^2}{4g_{11}g_{22}}. \quad (11)$$

Для повышения стабильности могут использоваться цепи нейтрализации, о которых уже говорилось выше; включение в выходную цепь затухания фиксированной величины (это ведет к уменьшению усиления и увеличению коэффициента шума); уменьшение емкости конденсатора развязки в цепи базы до величины 5—25 *пф* (в зависимости от типа используемого транзистора; при этом усиление уменьшается незначительно — на 0,5—1 *дб*, а коэффициент шума сохраняется постоянным). Для автоматической регулировки усиления каскада могут использоваться схемы как прямой, так и обратной АРУ. Оба варианта этих схем показаны на рис. 27. В схеме

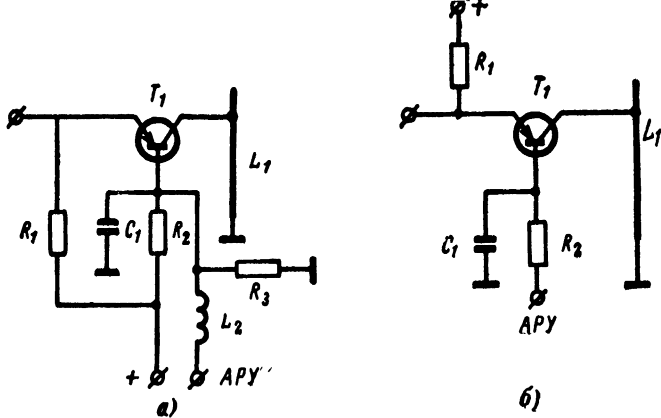


Рис. 27. Упрощенные схемы АРУ усилителя ВЧ блока настройки ДЦВ.

а — прямая АРУ; *б* — обратная АРУ.

прямой АРУ (рис. 27,*а*) при подаче на базу большего отрицательного смещения увеличивается ток эмиттера, снижается напряжение коллектор—эмиттер, что ведет к уменьшению усиления. В схеме обратной АРУ (рис. 27,*б*) при подаче на базу большего отрицательного смещения уменьшается ток коллектора и, следовательно, коэффициент усиления.

В качестве полосового фильтра используются две линии с индуктивной связью. Первичный и вторичный контуры фильтра шунтируются выходным сопротивлением усилителя ВЧ и входным сопротивлением преобразователя.

Входная цепь в ряде схем представляет собой фильтр нижних частот с частотой отсечки 1 000 *Мгц*. Потеря мощности во входной цепи

$$n = \frac{(1+p)^2}{4p}.$$

где p — коэффициент стоячей волны.

Обычно $n \approx 1$ *дб*. Недостатком подобных схем является плохая избирательность и непостоянство характеристик вдоль диапазона.

Использование избирательной цепи на входе позволяет уменьшить излучение гетеродина в антенну, помехи и улучшить однородность характеристик вдоль диапазона.

Гетеродин-смеситель

В диапазоне ДЦВ гетеродин, как и в ламповом блоке, собирается по схеме Колпитца (с емкостной связью). Контур гетеродина содержит линию, аналогичную используемым в полосовом фильтре. Усиление преобразования определяется режимом работы гетеродина и уровнем сигнала на его выходе. Обычно для получения максимального усиления выбирается ток эмиттера $I_э = 2 \div 3$ *ма* и выходное напряжение $U_{гет} = 200 \div 250$ *мв*. Более высокая величина $U_{гет}$ может привести к проникновению частоты гетеродина в антенну.

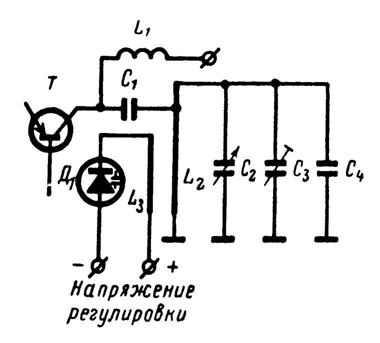


Рис. 28. Схема автоподстройки частоты гетеродина блока настройки ДЦВ с помощью варикапа.

При стабилизации частоты гетеродина максимальный уход ее не должен превышать величины 300 *кгц*. Для автоматической регулировки частоты в схеме гетеродина может использоваться варикап. Подобная схема автоподстройки показана на рис. 28. Варикап $Д_1$, смещенный в обратном направлении, представляет собой эквивалентное соединение индуктивности, емкости и сопротивления; так как L и R малы, сопротивление варикапа имеет емкостный характер. Для регулировки емкости может использоваться ручная регулировка (с помощью потенциометра, расположенного на любом удалении от блока) либо автоматическая (к диоду прикладывается напряжение, величина которого изменяется при расстройке блока; это напряжение может сниматься, например, с дискриминатора, расположенного в звуковом канале).

Практические схемы

На рис. 29 представлена схема конвертера, разработанная на Каунасском радиозаводе. Конвертер предназначен для приема телевизионных передач в диапазоне 470—622 *Мгц* и преобразования их в сигнал первого или второго канала диапазона МВ. В блоке используется транзистор ГТ313Б. Схема конвертера содержит преселектор и автогенерирующий смеситель. Контуры преселектора выполнены в виде линий $\lambda/4$, настраиваемых с помощью переменных конденсаторов C_1, C_2. Связь контуров осуществляется с помощью отверстия в перегородке. Автогенерирующий смеситель собран по схеме с емкостной связью. Колебательный контур представляет собой полуволновый резонатор с емкостной настройкой (с помощью

C_3). Контур в коллекторной цепи настроен на ПЧ, величина которой соответствует частоте входного сигнала для первого или второго канала диапазона МВ. Он служит для выделения сигнала с промежуточной частотой, а также формирования частотной характеристики блока. Диапазон частот гетеродина составляет 421,5—565,5 *Мгц*. Выходное сопротивление конвертера по ПЧ составляет 75 *ом*.

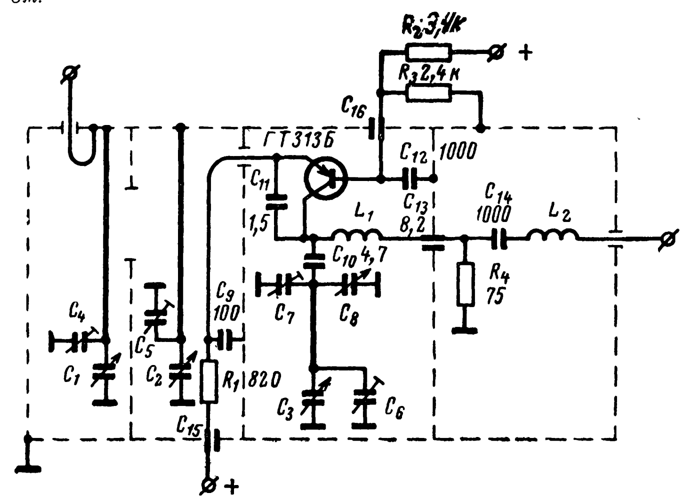


Рис. 29. Принципиальная схема конвертера ДЦВ.

Для повышения стабильности частоты гетеродина при изменении напряжения питания в схеме используется стабилитрон $Д_1$. Напряжение питания схемы составляет 6—8 *в*.

Схема блока настройки ДЦВ фирмы Philips, показанная на рис. 30, содержит два транзистора типа AF139, включенных по схеме с общей базой. Напряжение питания схемы составляет 12 *в*, потребляемый ток 7,5 *ма*. В схеме используются линии λ/2, перестраиваемые с помощью трехсекционного переменного конденсатора. Входной трансформатор $Тр_1$ служит для согласования антенного фидера с входным сопротивлением усилителя ВЧ. Режим работы усилителя устанавливается с помощью сопротивлений R_1, R_2, R_3. Связь между каскадами осуществляется с помощью полосового фильтра, содержащего два контура: первичный — в коллекторной цепи усилителя ВЧ (L_4, C_7, C_9, C_{11}) и вторичный (L_5, C_8, C_{10}, C_{12}). Для связи используются отверстия в перегородке. Усиленный сигнал снимается со вторичного контура полосового фильтра с помощью петли связи L_6 и смешивается с напряжением гетеродина в цепи эмиттера выходного каскада. Для установления режима работы этого каскада используются сопротивление R_4 и делитель R_5, R_6. Контур гетеродина в коллекторной цепи содержит L_{13}, C_{16}, C_{18}, C_{19}. Обратная связь обеспечивается с помощью L_7 и внутренних емкостей транзистора. Сигнал ПЧ снимается через L_9 (катушка фильтра), образующую с контуром в усилителе ПЧ полосовой фильтр. Фильтрующая цепь L_8, C_{17}, L_9, C_{20} почти полностью подавляет излу-

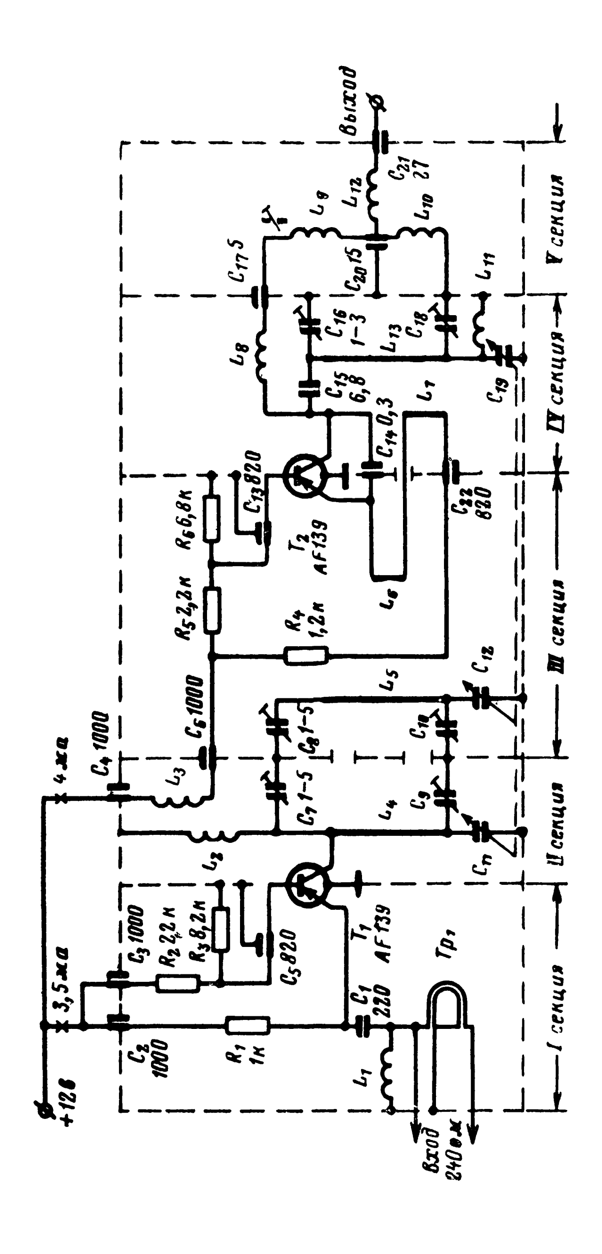

Выход
Вход 240 ом
+12 в
3,5 ма
4 ма
I секция
II секция
III секция
IV секция
V секция
T1 AF139
T2 AF139
Тр1
C1 220
C2 1000
C3 1000
C4 1000
C5 820
C6 1000
C7 1-5
C8 1-5
C9
C10
C11
C12
C13 820
C14 0,3
C15 6,8
C16 1-3
C17 5
C18
C19
C20 15
C21 27
C22 820
R1 1к
R2 22к
R3 8,2к
R4 1,2к
R5 2,2к
R6 6,8к
L1
L2
L3
L4
L5
L6
L7
L8
L9
L10
L11
L12
L13

Рис. 31. Монтажная схема блока настройки Philips.

чение гетеродина. Катушка индуктивности L_{11} используется для уменьшения влияния емкости переменного конденсатора на настройку контура ПЧ. Монтажная схема блока показана на рис. 31.

Схема блока настройки ДЦВ «Arena» для диапазона частот 468—865 *Мгц* показана на рис. 32. В нем используются линии λ/4,

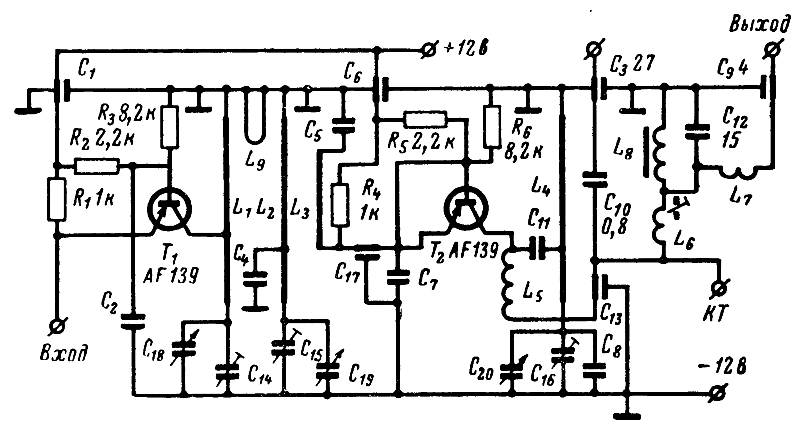


Рис. 32. Принципиальная схема блока настройки ДЦВ Arena.

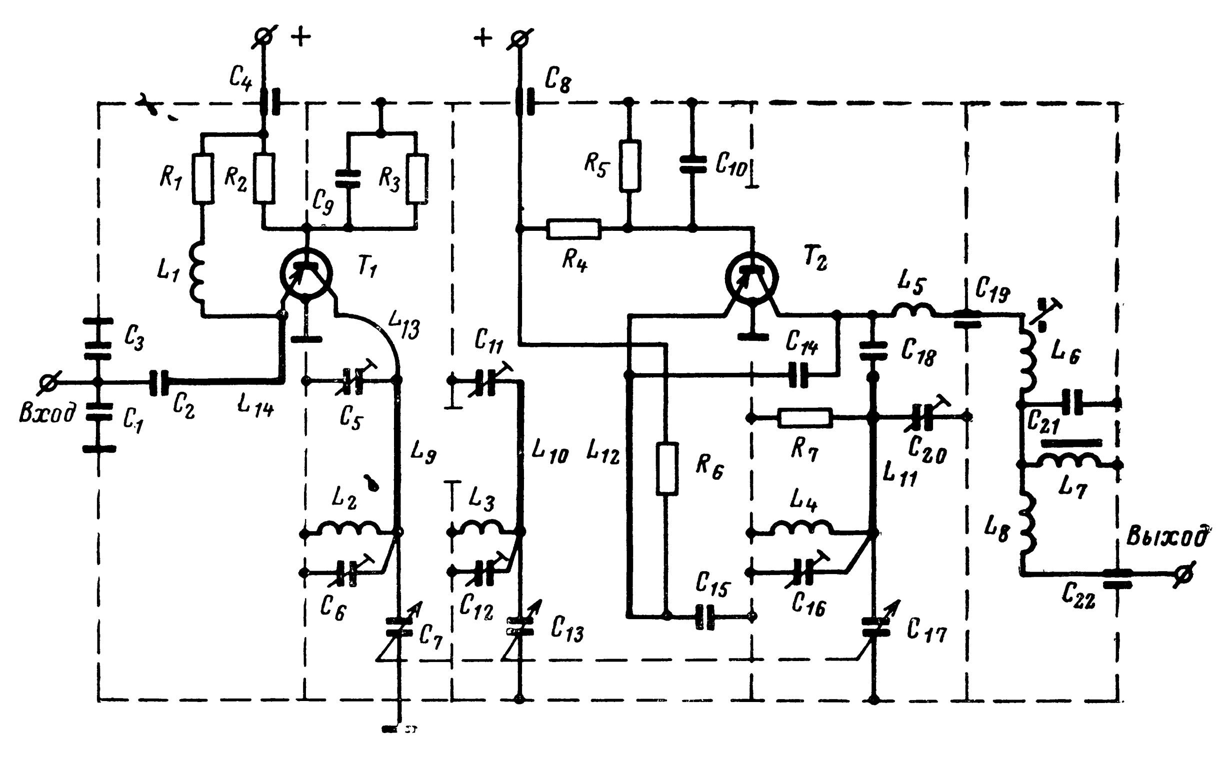


Рис. 33. Принципиальная схема блока настройки ДЦВ Orega

позволяющие уменьшить габариты блока. Сигналы на вход могут подаваться кабелем с сопротивлением 75 или 300 *ом*. Входная цепь имеет полосу пропускания 400—900 *Мгц* и не перестраивается. Усилитель ВЧ собран по схеме с общей базой. В коллекторной цепи этого каскада включена линия L_1 полосового фильтра, настраиваемого на данный канал с помощью переменных конденсаторов. Связь L_1—L_2 осуществляется петлей связи L_9. Сигнал с усилителя ВЧ

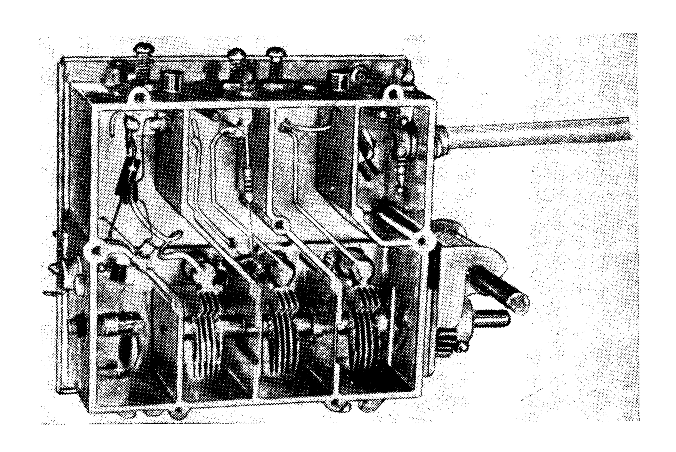


Рис. 34. Общий вид блока настройки Orega со снятой крышкой.

поступает на эмиттер смесителя; сигналы ПЧ снимаются с коллектора этого каскада через Т-образный фильтр L_6, L_7, L_8.

Для возбуждения колебаний гетеродина используется емкостная связь между эмиттером и коллектором. Контур гетеродина содержит линию L_4. Дроссель L_5 служит для ослабления сигнала ВЧ и пропускания сигнала ПЧ к выходу блока. Связь полосового фильтра со смесителем производится с помощью L_3, включенной в эмиттерной цепи смесителя. Параллельно переменным конденсаторам включены подстроечные, позволяющие получить нужный диапазон частот. Смещения на базы транзисторов поступают через делители R_2, R_3 и R_5, R_6; в цепи базы включаются развязывающие конденсаторы C_2 и C_7; смещение на эмиттер поступает с помощью R_1 и R_4. Напряжение питания схемы 12 *в*, потребляемый ток 6,5±1 *ма*. Среднее усиление составляет 25 *дб*, коэффициент шума изменяется от 7 *дб* (в нижней части диапазона) до 11 *дб* (в верхней части). Максимальный уход частоты гетеродина при изменении температуры от 25 до 55° С составляет 600 *кгц*, а при изменении напряжения питания в пределах ±10% — 300 *кгц*. Габариты блока 99×76×20 *мм*.

Принципиальная схема блока настройки ДЦВ Orega показана на рис. 33. Она собрана на линиях λ/2. Транзисторы включены по схеме с общей базой. Настройка блока осуществляется с помощью переменных конденсаторов, регулировка — при помощи подстроечных конденсаторов. Индуктивности L_2, L_3, L_4 используются для развязки

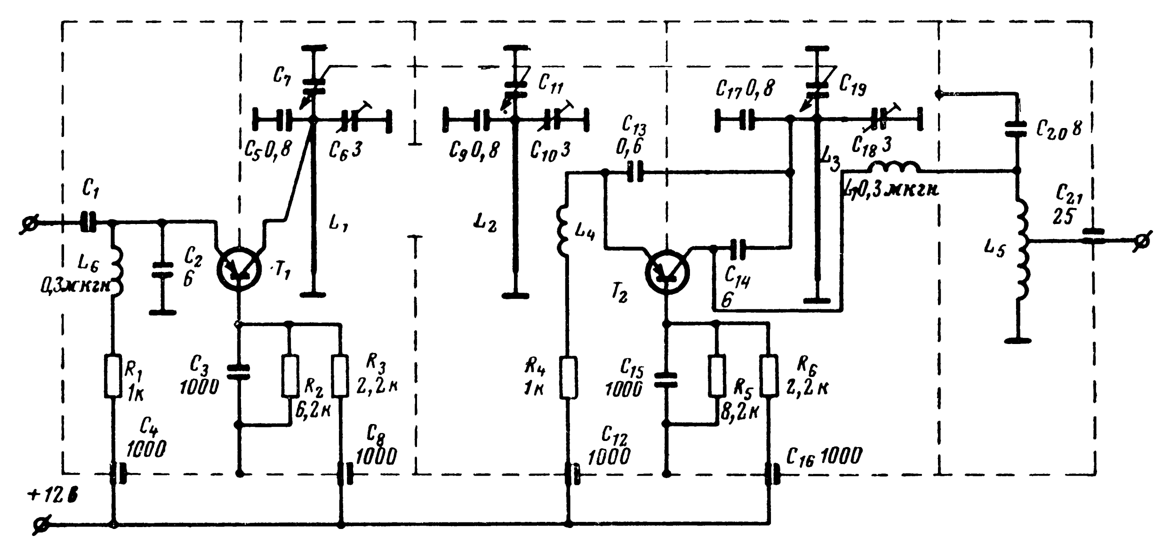


Рис. 35. Принципиальная схема блока настройки ДЦВ Siemens.

цепей питания по ВЧ. В полосовом фильтре используется связь несколько выше критической. Соответствующий выбор мест расположения отверстий в перегородке позволяет получить постоянную полосу пропускания во всем диапазоне. Каскад гетеродина выполнен по схеме с емкостной связью. Нагрузкой в коллекторной цепи является линия $\lambda/2$ с более высокой величиной характеристического сопротивления, чем у линий, используемых в усилителе ВЧ. Диапазон частот гетеродина 434—824 *Мгц*. Уход частоты гетеродина не превышает 300 *кгц* при изменении температуры от 25 до 70° С. При увеличении частоты с 470 до 860 *Мгц* коэффициент усиления блока снижается с 24 до 17 *дб*, а коэффициент шума повышается с 6 до 11 *дб*. Общий вид блока со снятой крышкой показан на рис. 34.

В заключение рассмотрим еще одну схему блока настройки фирмы Siemens (модель 1964 г), показанную на рис. 35. Схема выполнена на двух транзисторах AF139, в ней используются линии $\lambda/4$. Настройка осуществляется с помощью переменного конденсатора и подстроечных конденсаторов. Режим работы транзисторов выбирается таким образом, что ток коллектора составляет около 2 *ма*. Связь в полосовом фильтре осуществляется с помощью отверстия в перегородке и петли связи. Напряжение питания схемы составляет 12 *в*. Средний коэффициент усиления около 20 *дб*; коэффициент шума увеличивается с 5 *дб* на нижних частотах диапазона до 10 *дб* на верхних частотах.

ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И НАСТРОЙКИ БЛОКОВ ПТК

При настройке блоков ПТК на транзисторах используется в основном та же методика и измерительные приборы, что и при настройке ламповых блоков. Однако следует помнить, что использование транзисторов в схеме придает ей определенные специфические особенности: зависимость параметров транзисторов (и, следовательно, характеристик схемы) от режима питания и окружающей температуры, разброс параметров транзисторов от одного образца к другому, изменение характеристик в течение срока службы и т. д.

Условия эксплуатации используемых в схеме полупроводниковых приборов должны соответствовать техническим условиям. При этом разработка и проектирование схем должны производиться таким образом, чтобы схема обеспечивала необходимые характеристики при использовании всех транзисторов выбранного типа. Правильный выбор режима работы (причем рабочие напряжения, токи и мощности должны быть существенно ниже их предельных значений), отсутствие перегрева и изменения температуры окружающей среды, строгое соблюдение правил монтажа обеспечивают высокую надежность работы транзисторов. Рекомендуется ограничивать рабочие напряжения и токи величиной, не превышающей 0,7 предельно допустимого значения для данного типа транзисторов. Изгиб выводов во избежание повреждения транзисторов рекомендуется производить на расстояниях не менее 10 *мм* от корпуса прибора. При пайке транзисторов необходим теплоотвод между корпусом транзистора и местом пайки, которое должно находиться на расстоянии свыше 10 *мм* от корпуса прибора. Базовый вывод транзистора необходимо подключать к схеме первым и отсоединять последним. При измерении режимов работы и настройке схемы конструкция выводов измерительных приборов должна исключить воз-

можность случайных замыканий в схеме. Замена транзисторов при ремонте должна производиться при выключенных источниках питания.

Для настройки блоков необходимо использовать генератор качающейся частоты, осциллограф, сигнал-генератор, ламповый вольтметр и другие приборы. Наиболее часто, однако, для этой цели используется специальный генератор качающейся частоты, совмещенный с осциллографом (типов Х1-7, Х1-1А, Х1-19 и др.).

Прибор Х1-7 позволяет производить настройку блока ПТК на любом из 12 телевизионных каналов в диапазоне МВ, а также контролировать согласование кабеля с антенной и входом телевизора. С выхода прибора напряжение с постоянной амплитудой и с периодически меняющейся частотой подается на исследуемый блок; на выходе блока напряжение оказывается промодулированным по амплитуде в соответствии с его амплитудно-частотной характеристикой.

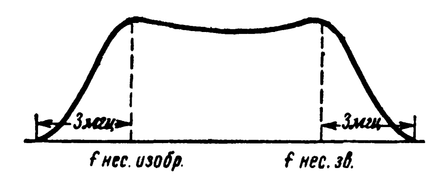


Рис. 36. Сквозная частотная характеристика блока ПТК.

Диапазон частот 0,1—232 *Мгц* (Х1-7), 1—250 *Мгц* (Х1-1А); выходное сопротивление 75 *ом* ±20% (Х1-7), 75 и 50 *ом* (Х1-1А); выходное напряжение частотно-модулированного генератора 100 *мв* ±50% (Х1-7), 100—80 *мв* на выходе 75 *ом* и 65—50 *мв* на выходе 50 *ом* (Х1-1А); входная емкость детекторной головки (пробника) около 6 *пф*.

Прибор Х1-19 позволяет визуально контролировать амплитудно-частотную характеристику блоков ПТК МВ и настройки ДЦВ. Его диапазон (0,5—1 000 *Мгц*) перекрывается шестью поддиапазонами, из которых для указанных выше целей используются первый (0,5—50 *Мгц*), второй (50—150 *Мгц*), третий (150—220 *Мгц*), четвертый (220—320 *Мгц*), шестой (400—1000 *Мгц*). Выходное напряжение 0,5 *в* на согласованной нагрузке 75 *ом*. Это напряжение регулируется через 1 *дб* (в диапазоне 0—70 *дб*). Входная емкость детекторной головки не более 3 *пф*.

Приступая к настройке схемы, необходимо измерить напряжение питания схемы и режимы работы отдельных каскадов с помощью приборов типа ВК7-3 (А4-М2), ВК7-9 или других. После установления требуемого режима дальнейшая настройка ведется с помощью прибора Х1-7 (Х1-1А или Х1-19), на экране которого появляется частотная характеристика просматриваемого участка схемы. Подстройкой индуктивностей (с помощью сердечников), конденсаторов и изменением взаимного расположения витков контуров на вставках добиваются получения необходимой полосы пропускания и формы частотной характеристики на каждом из каналов. Настройка усилителя ВЧ производится регулировкой элементов входного контура и полосового фильтра; для получения требуемой сквозной характеристики блока ПТК, показанной на рис. 36, исполь-

зуется также регулировка элементов контура ПЧ на выходе смесителя.

Настройка проводится от выхода схемы ко входу: сначала настраивается контур ПЧ, затем контур гетеродина, полосовой фильтр и входной контур, причем все эти операции выполняются либо последовательно на каждом из каналов, либо каждая из них на всех каналах, затем другая и т. д.

Перед настройкой и проверкой частотной характеристики блока необходимо проверить равномерность собственной характеристики измерительного прибора по его осциллографическому индикатору путем непосредственного соединения выхода прибора с его входом.

Сравнение кривых на экране индикатора генератора качающейся частоты должно производиться при одинаковом горизонтальном масштабе изображения.

Для оценки положения кривой частотной характеристики на оси частот используются калибровочные метки через 1 *Мгц*. Метки, кратные 10 *Мгц*, отличаются большей амплитудой. Для более точного определения может использоваться масштабная сетка. Эта же сетка может быть использована для определения полосы пропускания по величине частотного интервала, заключенного между уровнем, составляющим 0,5 максимального значения на левом склоне сквозной частотной характеристики, и уровнем, составляющим 0,7 максимального значения на правом ее склоне. Кроме того, вид частотной характеристики на экране прибора позволяет судить о коэффициенте усиления испытуемого каскада или блока (по вертикальному размаху характеристики) и об избирательности измеряемого устройства (по крутизне склонов этой характеристики).

При настройке блока следует избегать перегрузки, приводящей к искажению формы характеристики на экране. Для предотвращения перегрузки необходимо проводить измерения при минимальном уровне выходного напряжения генератора прибора и максимальном усилении вертикального усилителя.

Кроме того, необходимо тщательно согласовывать выход прибора с входом проверяемого блока, а также качественно выполнять все заземляющие соединения. При отсутствии согласования, большой длине соединительного кабеля в нем возникают стоячие волны, искажающие частотную характеристику.

В приложении даются основные параметры транзисторов, используемых в зарубежных блоках ПТК МВ и блоках настройки ДЦВ.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Таблица основных параметров зарубежных транзисторов, применяемых в блоках ПТК МВ и блоках настройки ДЦВ

Тип транзистора	Назначение (У — усилитель ВЧ, Г — гетеродин, С — смеситель)	$f_{\alpha\ мин}$, $f^*_{т\ мин}$ *Мгц*	$\beta_{мин}$	$U_{кб\ макс}$, *в*	$U_{кэ\ макс}$, *в*	$U_{эб\ макс}$, *в*	$I_{к\ макс}$, *ма*	$I_{к0\ макс}$, *мка*	$C_к$, *пф*	$P_{к\ макс}$, *мвт*	$F_{макс}$, *дб*
AF102	У, Г, С	180*	20	25	25	—	10	50	1,8	50	8
AF106	У, Г, С	180*	10	25	18	0,3	10	10	1,5	60	8
AF109	У	200*	20	25	18	0,3	12	10	—	72	8
AF178	С	180*	20	25	25	0,5	10	50	7,5	75	8
AF180	У	250	14	25	25	—	20	10	3	140	8
GMO378	У, Г, С	400*	20	18	—	0,3	50	5	1,8	75	8
2SA230	У, Г, С	750	10	20	—	0,2	5	—	1	75	—
2SA239	У	300	10	20	—	0,2	5	—	1,5	75	—
2SA240	Г, С	300	20	20	—	0,2	5	—	1,5	75	—
2SA432	У	—	16	20	—	0,2	5	10	—	70	—
AF139	У, Г, С (ДЦВ)	250*	10	20	15	0,3	8	8	—	60	8
AF186	У, Г, С (ДЦВ)	—	—	25	25	0,3	15	3,5	1,9	90	8
AF239	У, Г, С (ДЦВ)	650*	33	20	15	—	10	8	—	85	8
2N2415	У (ДЦВ)	560*	45	15	10	0,5	20	5	1,2	75	8
GMO290	Г, С (ДЦВ)	800*	20	20	15	0,3	50	5	1,2	75	8

Примечание. Транзисторы германиевые типа *p-n-p*.

ОГЛАВЛЕНИЕ

ЛИТЕРАТУРА

1. В. М. Гуткин, Применение транзисторов в телевизионных схемах, Энергия, 1966.

2. Т. Д. Товерс, Транзисторные телевизоры, «Связь», 1966.

3. Т. В. Бабук, Настройка высокочастотных блоков телевизионных приемников, Связьиздат, 1962.

4. Теория и расчет основных радиотехнических схем на транзисторах, Связьиздат, 1963.

5. Г. Леннартц, В. Таэгер, Конструирование схем на транзисторах, Энергия, 1964.

Шор Климентий Георгиевич
Блоки ПТК на транзисторах
Редактор *Ю. Ф. Широков*
Обложка художника *А. А. Иванова*
Технический редактор *Н. С. Мазурова*
Корректор *В. С. Антипова*

Сдано в набор 1/XII 1967 г.
Подписано к печати 27/II 1968 г. Т-00078
Формат 84×108[1]/32 Бумага типографская мелованная
Усл. печ. л. 2,52 Уч.- изд. л. 2,76
Тираж 50 000 экз. Цена 12 коп. Зак. 644

Издательство „Энергия".
Москва, Ж-114, Шлюзовая наб., 10.

Московская типография № 10 Главполиграфпрома
Комитета по печати при Совете Министров СССР.
Шлюзовая наб., 10.

Цена 45 коп.